



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

DIESELGENERAATTORIN OHJAUS- PANEELIN TOIMINTAPERIAATE JA KORJAUS

Lister Start-o-matic

Veli-Matti Kulo

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoimatekniikka

KULO VELI-MATTI

Dieselgeneraattorin ohjauspaneelin toimintaperiaate ja korjaus
Lister Start-o-matic

Opinnäytetyö 57 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Toukokuu 2018

Opinnäytetyössä selvitettiin R.A. Listerin valmistaman aggregaatin ohjauspaneelin toimintaperiaate. Aggregaatti oli peräisin 70-luvulta. Ohjaustavan nimi on Start-o-matic. Työssä korjattiin myös rikki mennyt ohjauspaneeli ja tarkastettiin aggregaatin syöttämän mökkiverkon oikosulkusuojaus laskemalla. Opinnäytetyön tilaaja oli yksityishenkilö ja tämän takia työ tehtiin lähes nollabudjetilla.

Start-o-matic-ohjauspaneelin toimintaperiaate selvitettiin lähes kokonaan paneelin komponenttien ja paneelin mukana tulleen piirikaavion perusteella. Toimintaperiaate oli yksinkertaisesti se, että aggregaatin tulisi käynnistyä, kun siihen liitetään yli 40 Watin kuorma ja sammua kun kuorma kytketään pois. Kuormantunnistus tapahtui tunnistusreleellä, joka toimii hyvin pienellä jännitteellä. Releen vetäessä se käynnistää sarjan erilaisia piirejä, jotka käynnistävät dieselmoottorin. Kun moottori on käynnistynyt, aggregaatin generaattori tuottaa yksivaiheista sähkötehoa kuormalle. Kun kuorma kytketään pois päältä, niin tunnistusrele lakkaa vetämästä. Tämän seurauksena dieselmoottori sammuu ja kuorman syöttö loppuu.

Ohjauspaneeli oli suurimmaksi osaksi toimintakunnossa, mutta siitä oli mennyt kuormarele rikki. Kun rele vaihdettiin uudempiin kontaktoreihin, paneeli lähti toimimaan. Koska uudet kuormakontaktorit eivät mahtuneet vanhaan paneeliin, sijoitettiin komponentit uudelleen isompaan sähkökaappiin. Ohjauspaneelin korjaus tehtiin Metso Mineralsilta ja Agco Powerilta käytöstä poistuneista ohjauspaneeleista ja niiden sisältämistä komponenteista. Myös koulun pajalta sai joitain osia käyttöön. Työ tehtiin testausta lukuun ottamatta kokonaan Tampereella, aggregaatin ollessa Kuusamossa.

Lopuksi vielä todettiin aggregaatin syöttämän mökkiverkon oikosulkusuojaus oikeelliseksi laskemalla oikosulkuvirrat ja ryhmäjohtojen pisimmät sallitut pituudet, sekä tehtiin mökkeihin sulakesuojaus suositukset. Uusista kytkennöistä piirrettiin sähkökuvat ja ne palautettiin korjatun ohjauspaneelin mukana työn tilaajalle.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Electrical Power Engineering

KULO VELI-MATTI:

The operating principle and repair of diesel generator's control panel
Lister Start-o-matic

Bachelor's thesis 57 pages, appendices 7 pages
May 2018

In this thesis the purpose was to determine the operating principle of diesel generator's control system, which was made by R.A. Lister in the seventies. The control system is called Start-o-matic. The objective was to repair a broken control panel and also calculate diesel generator fed cottage networks short circuit protection. The subscriber of this repair work was a private individual and repairs were done virtually by zero budget.

The operating principle of the Start-o-matic control panel was almost completely investigated based on the panel components and the circuit diagram accompanying the panel. The principle of operation was simply that, the diesel generator should start up when more than 40 Watts load is connected to the feed and stop when the load is switched off. The load detection was done with relay which had very low operating voltage. When the relay operates, it starts a series of different circuits that ignite the diesel engine. When the engine is on, it generates single-phase electric power to the load. When the load is switched off, the detection relay stops operating. As a result, the diesel engine shuts down and generator no longer feeds the load.

The control panel was largely intact. Only clearly broken component was the load relay. The relay was changed to newer contactors and the control panel started to operate. As the new load contactors did not fit into the old control panel, it was replaced with a bigger electrical cabinet. The control repair was done with Metso Minerals and Agco Power companies decommissioned control panels and components. Some parts came also from the school's workshop. The work was done entirely in Tampere, although the diesel generator is in Kuusamo.

Finally, short circuit protection of the cottage network provided by the diesel generator was found to be correct by calculating the short circuit currents and the longest permitted lengths of the wires, and the fuse protection recommendations were made for the cottages. The electrical diagrams were drawn and they were returned with the repaired control panel to the job subscriber.

Key words: start-o-matic, control panel, diesel generator, repair

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEORIA JA TAUSTATIETOJA	6
2.1	Sarjamoottori ja tasasähkökone	6
2.2	Sivuvirtageneraattori.....	9
2.3	Tahtikoneen magnetointimenetelmä ja yksivaiheinen tahtikone.....	9
2.4	Vikasuojaus.....	10
3	TYÖSELOSTUS	13
3.1	Korjaustyön lähtötilanne	14
3.2	Ohjauspaneelin toiminnan selvitys	17
3.3	Ohjauspaneelin korjaustoimenpiteet.....	28
3.4	Mökkien vikasuojaus	40
4	YHTEENVETO	49
	LÄHTEET.....	50
	LIITTEET	51
	Liite 1. Kansilevyn komponenttien sijoittelu 1(4).....	51
	Liite 2. Asennuslevyn komponenttien sijoittelu 2(4)	52
	Liite 3. Ohjauspaneelin piirikaavio 3(4).....	53
	Liite 4. Mökkiverkon nousukaavio. 4(4)	54
	Liite 5. Brush SCA & SDA 1970 Generators 1(3)	55
	Liite 6. Brush SCA & SDA 1970 Generators 2(3)	56
	Liite 7. Brush SCA & SDA 1970 Generators 3(3)	57

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on R.A. Listerin valmistaman dieselgeneraattorin eli aggregaatin rikkoutuneen ohjauspaneelin korjaaminen. Ohjauspaneelissa on tapahtunut oikosulku sen kuormareleen kohdalla. Aggregaatin automaattinen ohjaus on ollut vian takia kymmenisen vuotta poissa käytöstä ja ohjauspaneeli ohikytettynä. Aggregaattia on käytetty paneelin hajottua käsikäytöllä eli se on käynnistetty veivillä. Ennen kuin korjaustöitä pystyttiin suorittamaan, piti selvittää Start-o-matic niminen aggregaatin ohjauksen toiminnan periaate.

Aggregaatti syöttää yksivaiheista sähköä kahteen mökkiin ja myöhemmin olisi tarkoitus liittää mukaan kolmas mökkirakennus. Mökeissä on enimmäkseen valaistuskuormaa. Aggregaatti sijaitsee maakellarin tapaisessa tilassa, jossa se on liitetty pääkeskukseen. Nousukaapelit mökkien ryhmäkeskuksille on asennettu maahan.

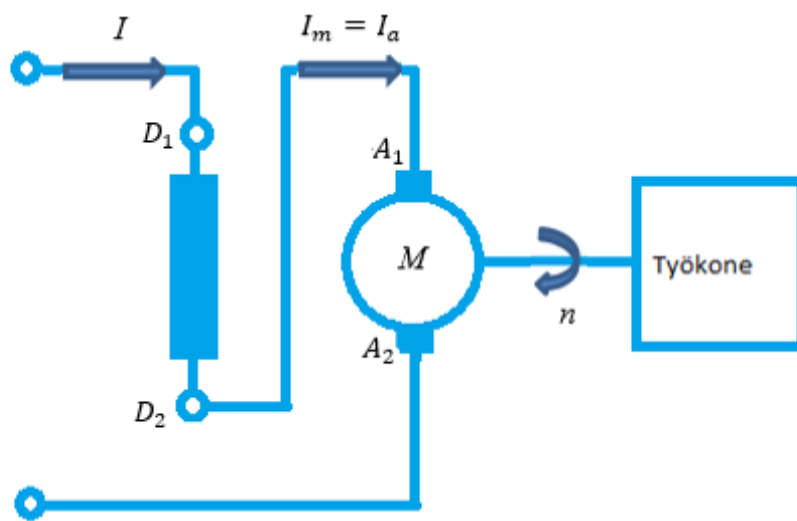
Työssä käydään läpi korjaustyön lähtötilanne eli mitkä olivat lähtötiedot, joiden perusteella korjaustyö aloitettiin. Tämän jälkeen edetään ohjauspaneelin toimintaperiaatteen selvittämiseen ja käydään läpi sähköpiirien komponentteja. Kun toimintaperiaate oli selvitetty, tehtiin korjaustoimenpiteet ohjauspaneelille, sekä koestettiin sitä virtalähteillä. Korjaustyön jälkeen tehtiin paneelista tarvittavat dokumentit ja varmennettiin mökkiverkon sulakesuojaus laskemalla.

2 TEORIA JA TAUSTATIETOJA

2.1 Sarjamoottori ja tasasähkökone

Sarjamoottorin nimi tulee sen magnetointitavasta. Se muodostuu ankkurikäämityksen ($A_1 - A_2$) kanssa sarjaan kytketystä sarjakäämityksestä ($D_1 - D_2$). Sarjamoottorin kuormitusvirta I toimii koneessa myös magnetointivirtana I_m . Sama virta vaikuttaa sekä sarjakäämityksen, että ankkurikäämityksen läpi. (kuva 1).

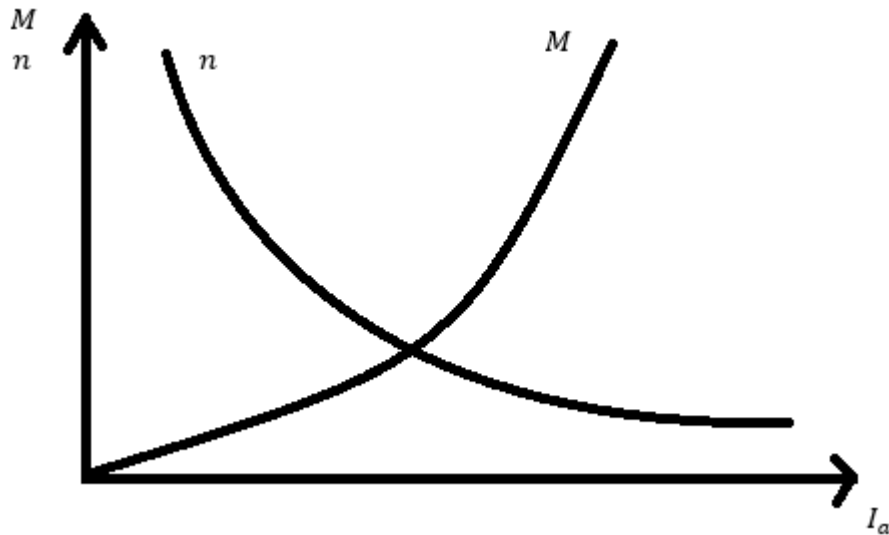
(Aura & Tonteri 1996, 296-297)



KUVA 1. Sarjamoottorin magnetointiperiaate.

Sarjamoottoria käytetään, koska siitä löytyy vääntömomenttia M alhaisilla nopeuksilla n . Moottorin vääntömomentti suurenee verrannollisena kuormitusvirran neliöön (kuva 2). Moottori sopii vaihteleville kuormille, jos ne eivät vaadi vakionopeuksia ja koneen ei tarvitse käydä tyhjäkäynnissä. Sarjamoottoria käytetäänkin raskaissa liikennesovelluksissa, koska sillä on suuri lähtömomentti ja momentti kasvaa voimakkaasti ankkurivirran noustessa.

(Aura & Tonteri 1986, 334)



KUVA 2. Sarjamoottorin ominaiskäyriä.

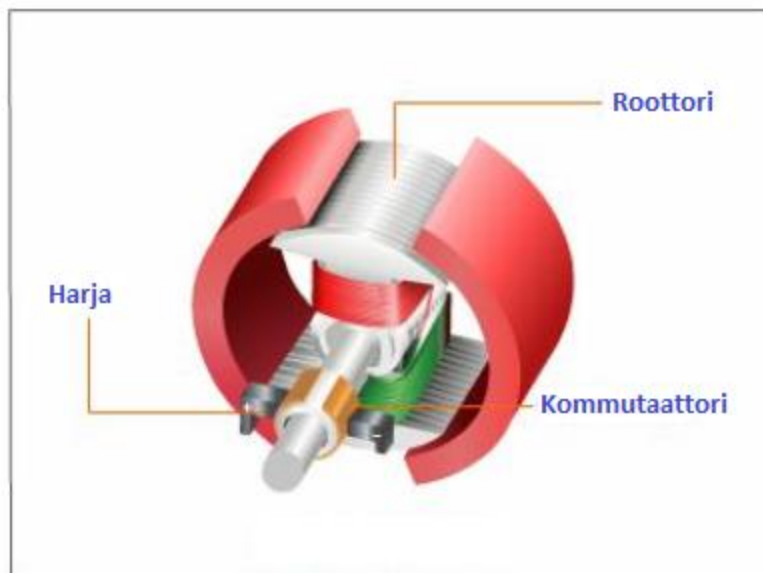
Sarjamoottori on tasasähkökone. Tasasähkökone taas perustuu roottorin akselille asennettuun kommutaattorin ja hiiliharjojen hyödyntämiseen. Kommutaattorille syötetään tasavirtaa hiiliharjojen välityksellä. Kommutaattori ja hiiliharjat muodostavat mekaanisen tasa-vaihtosuuntaajan. Kommutaattori kytkee vuorotellen tasajännitteen ankkurikämmien eri silmukoille tuottaakseen tasaisen momentin. Toimenpidettä sanotaan kommutoinniksi. Kommutaattori ja hiiliharjat tarvitsevat säännönmukaista huoltamista, koska hiiliharjat hankaavat kommutaattoria vasten koneen pyöriessä, jolloin hiiliharjat kuluvat käytössä.

(Hietalahti 2011, 35)

(Aura & Tonteri 1996, 269)

Kommutaattori muodostuu yksinkertaisesti siten, että liukurengas halkaistaan kahtia ja eristetään toisistaan erillisiksi lamelleiksi. Lamelleihin on yhdistetty roottorin magnetointikäämien päät ja lamellit ovat vuorollaan yhteydessä paikoillaan pysyviin hiiliharjoihin (+ ja -) (kuva 3).

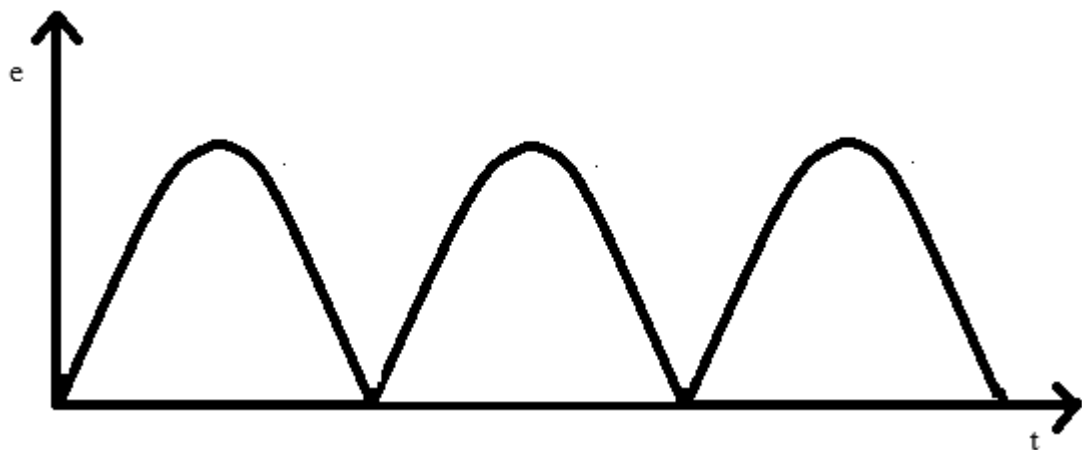
(Aura & Tonteri 1986, 299)



KUVA 3. Kommutaattorin ja kommutoinnin periaate (Tutornext 2011).

Kuvan 3 mukaisessa tasasähkömoottorin rakenteessa on yksi käämi (punainen ja vihreä sarjassa). Kommutaattori kääntää käämille tulevaa napaisuutta 180 asteen välein. Jos tasasähkökonetta käytettäisiin generaattorina ja kone syöttäisi tasasähköä jollekin kuormalle, niin hiiliharjojen välillä vaikuttava jännite olisi kokoaaltotasasuunnatun näköinen (kuva 4).

(Aura & Tonteri 1986, 297-300)

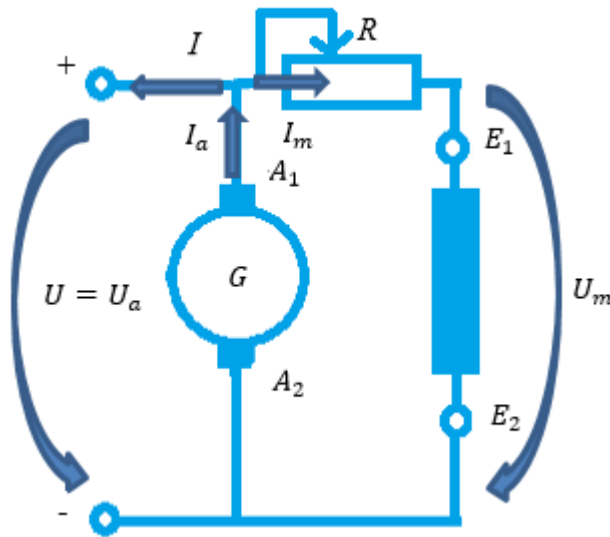


KUVA 4. Generaattorikäytön jännite.

2.2 Sivuvirtageneraattori

Sivuvirtageneraattorin magnetoitikkäämitys ($E_1 - E_2$) kytketään rinnakkain ankkurikäämityksen ($A_1 - A_2$) kanssa. Koska magnetoimisjännitteenä toimii koneen oma liitinjännite U , niin sivuvirtageneraattoria kutsutaan itsemagnetoituvaksi. Koneen magnetointipiirissä on säätöresistanssi R , jolla säädetään magnetoimisvirtaa I_m , joka taas vaikuttaa magnetoitijännitteeseen U_m (kuva 5). Magnetoimisjännitteen nostaminen kasvattaa ankkurivirtaa I_a ja -jännitettä U_a kuvan 5 mukaisessa tyhjäkäynnissä. Jos magnetoitintia nostetaan silloin, kun ankkurivirta ja -jännite on nimellisarvossaan, alkaa ankkurivirta ja jännite laskea.

(Aura & Tonteri 1996, 282-285)

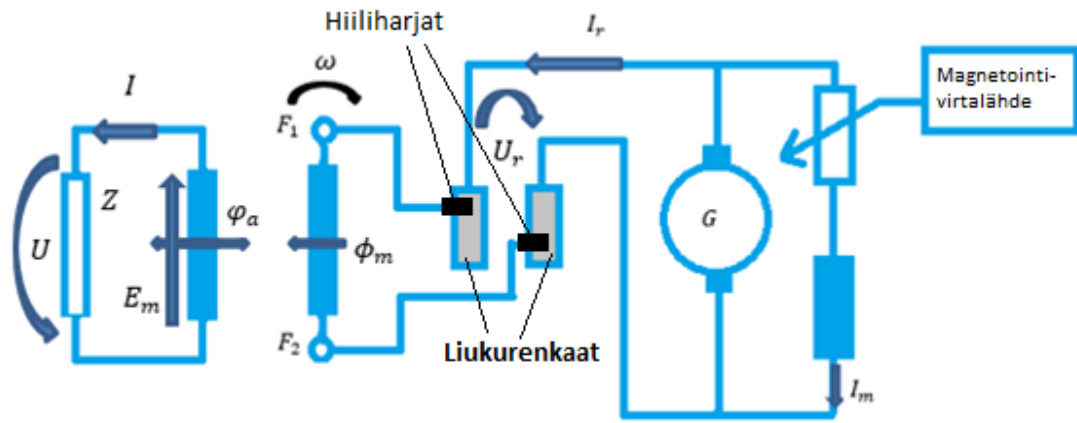


KUVA 5. Sivuvirtakoneen magnetoitiperiaate.

2.3 Tahtikoneen magnetoitimenetelmä ja yksivaiheinen tahtikone

Tahtikone magnetoidaan tasasähköllä. Tasasähkölähteenä voidaan käyttää tahtikoneen kanssa samalle akselille asennettua magnetoitivirtalähdettä. Tahtikoneen magnetoitivirtaa I_r säädetään magnetoitivirtalähteen magnetoitivirtaa I_m säätämällä. Harjallisessa tahtikoneessa magnetoitivirta tuodaan hiiliharjojen ja liukurenkaiden kautta koneen roottorikäämiin ($F_1 - F_2$) (kuva 6).

(Aura & Tonteri 1996, 217-218)



KUVA 6. Tahtikoneen magnetointimenetelmä.

Yksivaiheiset tahtikoneet toimivat yleensä normaalitaajuisina varageneraattoreina. Yksivaiheisten tahtigeneraattorien rakenne ei eroa paljoa kolmivaiheisiin generaattoreihin. Yksivaiheisen generaattorin staattorissa on vain yksi käämitys. Se on käämitty 2/3 urista ja yksi urista on vapaana. Kun voimakone pyörittää roottoria, niin koneen staattoriin indusoituu päälähdejännite E_m magnetoimisvirran I_r synnyttämän päävuon ϕ_m toimesta. Päälähdejännite E_m aiheuttaa staattorin suljettuun virtapiiriin staattorivirran I , joka aiheuttaa staattorikäämille edestakaisin sykkivän ankkurikentän φ_a (kuva 6).

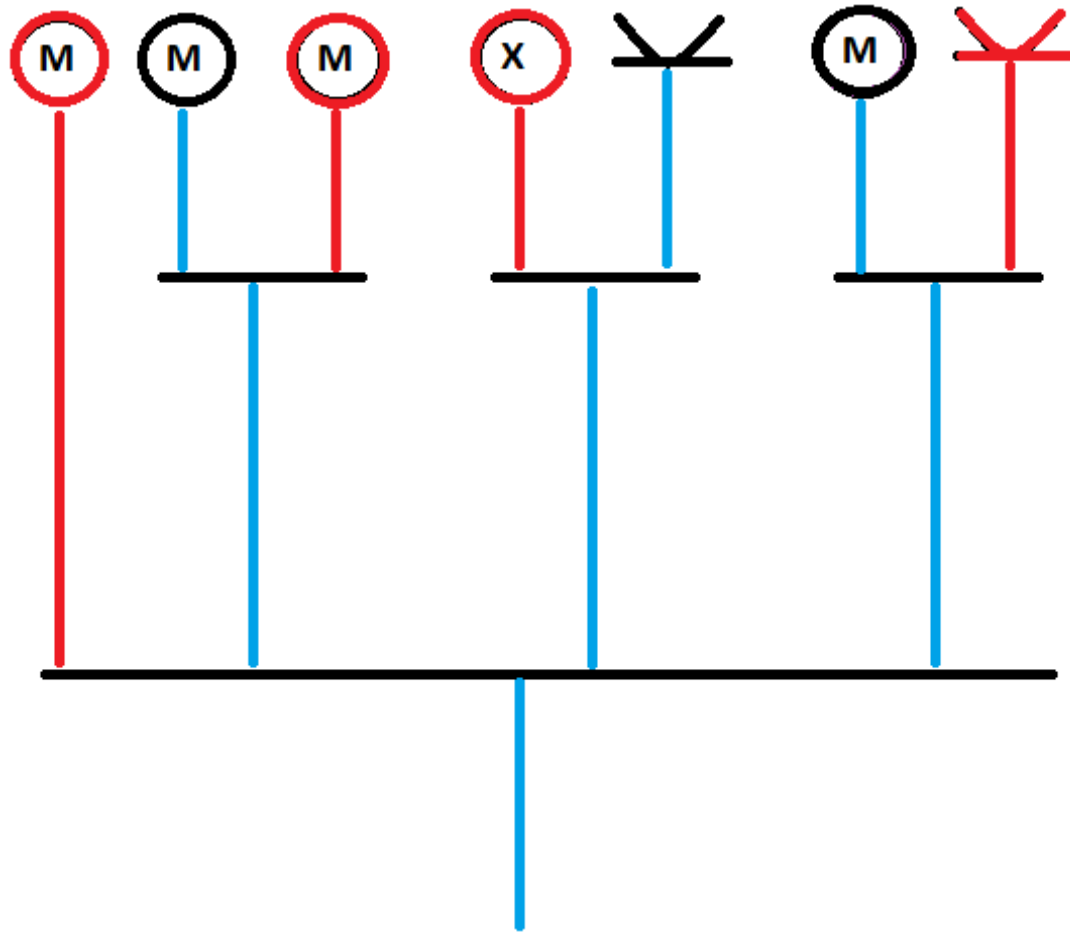
(Aura & Tonteri 1996, 261)

2.4 Vikasuojaus

Vikasuojauksella estetään vikatilanteen sattuessa ihmisiä ja kotieläimiä koskettamasta vaarallisesti jännitteisiä osia. Vikavirta pitää kytkeä pois sopivalla suojalaitteella. Poiskytkentäajat on vaatimusten soveltamisen helpottamiseksi määritetty asennuksen nimellisjännitteestä riippuvina, eikä suurimman kosketusjännitteen mukaan. Syötön automaattinen poiskytkentä saattaa olla tarpeellista myös palovaaran takia. (D1-2012, 84-91)

Poiskytkentäaikoja koskevat vaatimukset käyvät ilmi kuvasta (kuva 7). Kuvassa oleva punainen viiva tarkoittaa lähdön vaadittua laukaisuaikaa, joka on 0,4 s. Sininen viiva taas tarkoittaa 5 s. Iso poikittaisviiva kuvan alapuolella on pääkeskus ja pienemmät ylempänä ovat ryhmäkeskuksia. Punaisen ympyrän sisällä oleva M-kirjain on kiinteä laite, jonka ylivirtasuojia on enintään 32 A. Mustan ympyrän sisällä oleva M-kirjain tarkoittaa kiinteää laitetta, jonka ylivirtasuojia on enintään 32 A. Ympyrän sisällä oleva X-kirjain on kiinteä

laite, jonka ylivirtasuojaja on enintään 32 A. Punaisen pistorasian ylivirtasuojaja on enintään 32 A ja mustan yli 32 A (D1-2012, 92)



KUVA 7. Vaaditut poiskytkentä ajat erilaisille virtapiireille. Punainen viiva 0,4 s ja sininen 5 s.

Jos pääkeskuksen oikosulkuvirta on I_k , c on kerroin 0.95, joka ottaa huomioon jännitteenalenneman verkon eri osissa, U on pääjännite, niin pääkeskuksen oikosulkuimpedanssi Z_{vp} lasketaan yksivaiheisessa verkossa kaavalla (1).

$$Z_{vp} = \frac{c \times U}{I_k} \quad (1)$$

Ryhmäkeskuksille oikosulkuimpedanssin Z_{vr} saa laskettua kaavalla (2)

$$Z_{vr} = Z_{vp} + 2z \times l \quad (2)$$

, jossa z on johtimen impedanssi ja l on johtimen pituus (D1-2012, 101).

Kun impedanssi on laskettu ryhmäkeskukselle, saadaan oikosulkuvirta I_{kr} kaavalla

$$I_{kr} = \frac{c \times U}{Z_{vr}} \quad (3)$$

Kaavan oikosulkuvirran I_{kr} perusteella mitoitetaan ryhmäkeskukselle nousujohdonsuojaus. Sulaketyyppien pienimmät sallitut oikosulkuvirrat katsotaan teoksen D1-2012 taulukoista (D1-2012, 97-100). Taulukosta katsotun pienimmän sallitun oikosulkuvirran pitää olla pienempi, kuin kaavalla (3) saatu arvo, jotta suojaus toimisi oikein ja vaadittu poiskytkentäaika toteutuu.

Pistorasiaryhmän pisin sallittu pituus l_{max} ryhmäkeskukselta voidaan laskea kaavalla

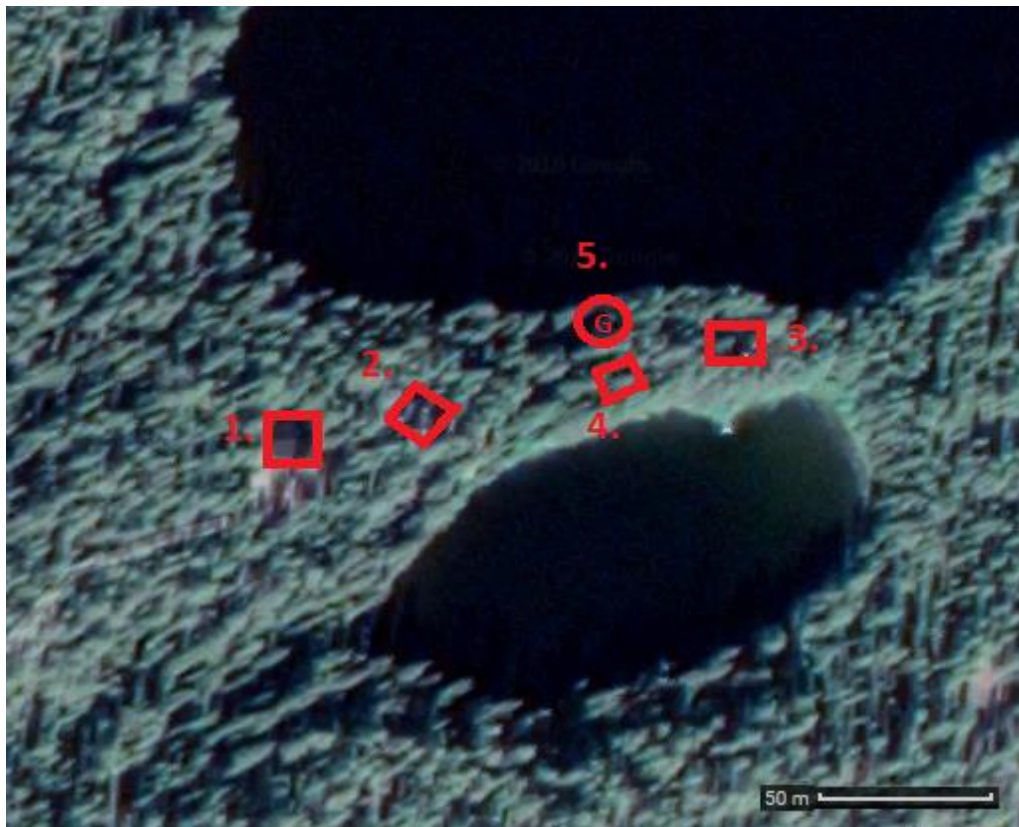
$$l_{max} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vr}}{2 \times z} \quad (4)$$

, jossa I_{ks} on ryhmäkeskuksella käytetyn sulakekoon pienin oikosulkuvirta, joka voidaan katsoa esim. gG-sulakkeelle D1-2012-teoksen taulukosta 41.5. Jos pistorasialle menevän ryhmäjohtoon pituus on pienempi kuin kaavalla (4) saatu tulos, niin silloin vaadittu poiskytkentäaika toteutuu. (D1-2012, 101)

3 TYÖSELOSTUS

Työselostus kappaleessa käydään läpi korjaustyön lähtötilanne, ohjauspaneelin toimintaperiaate ja tehdyt korjaustoimenpiteet. Aggregaatti sijaitsee Kuusamossa, jossa se syöttää tällä hetkellä kahden mökin valaistuskuormaa. Lähiaikoina mukaan liitetään myös kolmas mökkirakennus.

Kuvassa näkyvät neliöt osoittavat asennuskohteen rakennusten sijainnit maastossa. Neliö numero 2 on uusi rakennus, joka liitetään generaattorin kuormaan myöhemmin ja neliö 4 on saunarakennus. Ympyrä osoittaa taas aggregaatin eli generaattorin (G) sijainnin. Noutukaapelit generaattorilta on tehty maakaapeleilla (kuva 8).



KUVA 8. Maastokuva työkohteesta. (Digital Globe 2018)

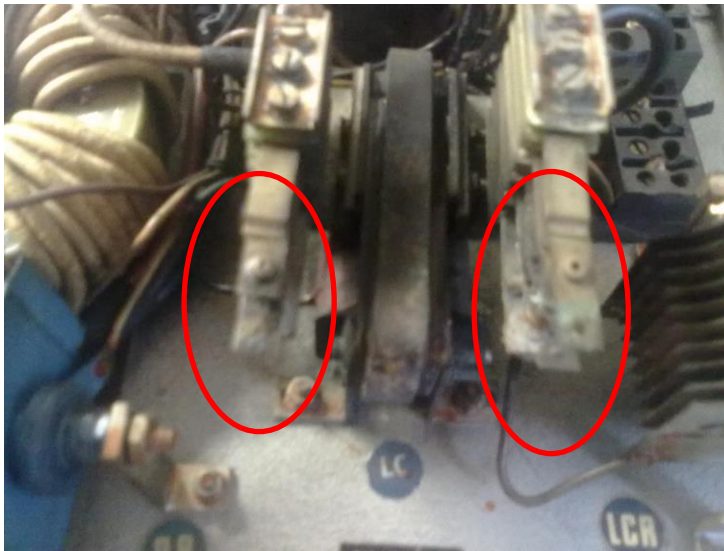
3.1 Korjaustyön lähtötilanne

Laitteiston käyttäjältä saadun tiedon mukaan, aggregaatin ohjauspaneelistä oli hajonnut kontaktori tai rele. Hajonneesta releestä oli tippunut jonkinlainen kytkinpakka maahan. Ohjauspaneelin lähetettiin postissa Kuusamosta ja sen sisällä tuli mukana vanha piirikaavio, sekä generaattorin kilpi (kuva 9).



KUVA 9. Ohjauspaneelin.

Kytkinpakka osoittautui myöhemmin asiaa tutkiessamme eräänlaiseksi kytkinlevyksi, joka kytkee releen koskettimia. Sulkeutuvat koskettimet kiinni ja avautuvat koskettimet auki (kuva 10).



KUVA 10. Releen LC koskettimet ilman kytkentälevyä.

Aggregaatista lähetettiin myös kuvia sen muista kilpiarvoista ja koneen osista. Nämä kuvat auttoivat hahmottamaan paremmin tämän voimalaitoksen kokoa ja osien sijaintia. Niistä saatiin myös selville generaattorin nimellisarvot (kuva 11 & 12).


- ▶ Aggregaatti:
- ▶ Valmistaja: R.A. Lister Power Plant Ltd (nyk. Lister Petter Power systems ltd)
- ▶ Valmistusmaa: Englanti
- ▶ Tyyppi: ST2 27 V
- ▶ Dieselmoottori
 - ▶ Teho: 8,9 kW / 12 Hv
 - ▶ n: 1500 rpm
- ▶ Valmistusvuosi: 1977



KUVA 11. Aggregaatin kilvistä saatuja tietoja ja dieselmoottorin nimellisarvoja.

Aggregaatin generaattorin huomattiin olevan eri valmistajan, kuin sen koonnut valmistaja. Koneesta lähetettiin kyselyä Brush Group nimiselle englantilaiselle firmalle ja vastaukseksi saatiin koneen tietoja sisältävä esite (liite 5-7). Siitä ei kuitenkaan käynyt ilmi generaattorin oikosulkutehoa tai -impedanssia, eikä koneen tyyppiä, koska esitteestä ei löytynyt kilpiarvojen perusteella täysin samaa konetta ja koneen oikosulkuarvoista ei ollut mainintaa. Kaikki alla olevat arvot ovat peräisin generaattorin kilpiarvoista (kuva 12).

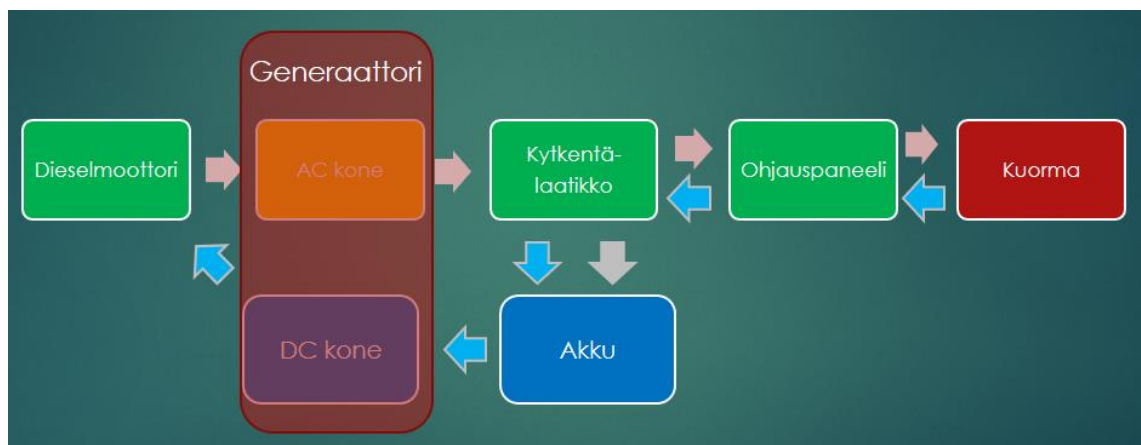
- ▶ Generaattori:
- ▶ Valmistaja: Brush Electrical Machines Limited
- ▶ Valmistusmaa: Englanti
- ▶ Teho: 7 kW
- ▶ Virta: 31,8 A
- ▶ Jännite: 220 V
- ▶ Taajuus: 50 Hz
- ▶ 1-vaiheinen
- ▶ Tehokerroin (p.F): 1



(Brush -70)

KUVA 12. Generaattorin nimellisarvot.

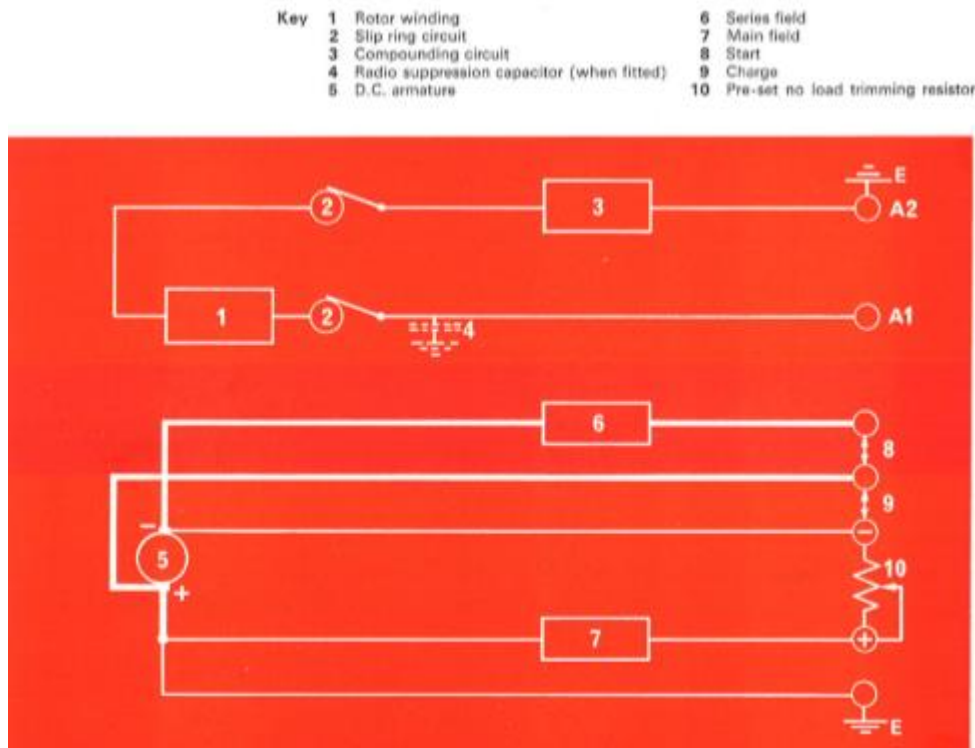
Aggregaatin toiminnan selventämistä varten piirrettiin vielä kuva, josta tulevat ilmi tutkimuksissa selvinneet aggregaatin eri osat. Piirroksen harmaat nuolet kuvaavat voimansiirron suuntaa dieselmoottorista kuormalle, kun dieselmoottori on käynnissä. Generaattorin ja kuorman väliin on kytketty generaattorin päällä makaava kytkentälaatikko (Alternator Control Box) ja seinälle asennettava, sekä tässä työssä korjattava ohjauspaneeli (Switchgear Control Cubicle). Siniset nuolet kertovat tunnistus- ja käynnistyspiirien toiminnasta. Kun kuorma kytketään päälle, ohjauspaneeli havaitsee kuorman. Ohjauspaneeli on kytketty kytkentälaatikkoon, joka taas on kytketty akuille. Akut tuottavat väännön DC koneelle, joka käynnistää dieselmoottorin (kuva 13).



KUVA 13. Aggregaatin voimansiirron suunta ja kuormantunnistus.

Alla olevassa kuvassa on esitetty koneen lohkokaavio (kuva 14). Tasavirtakäämitykset 6 ja 7 on kytketty kommutaattorille 5 ja vaihtovirtakäämitys 1 liukurenkaille 2. Kommu-

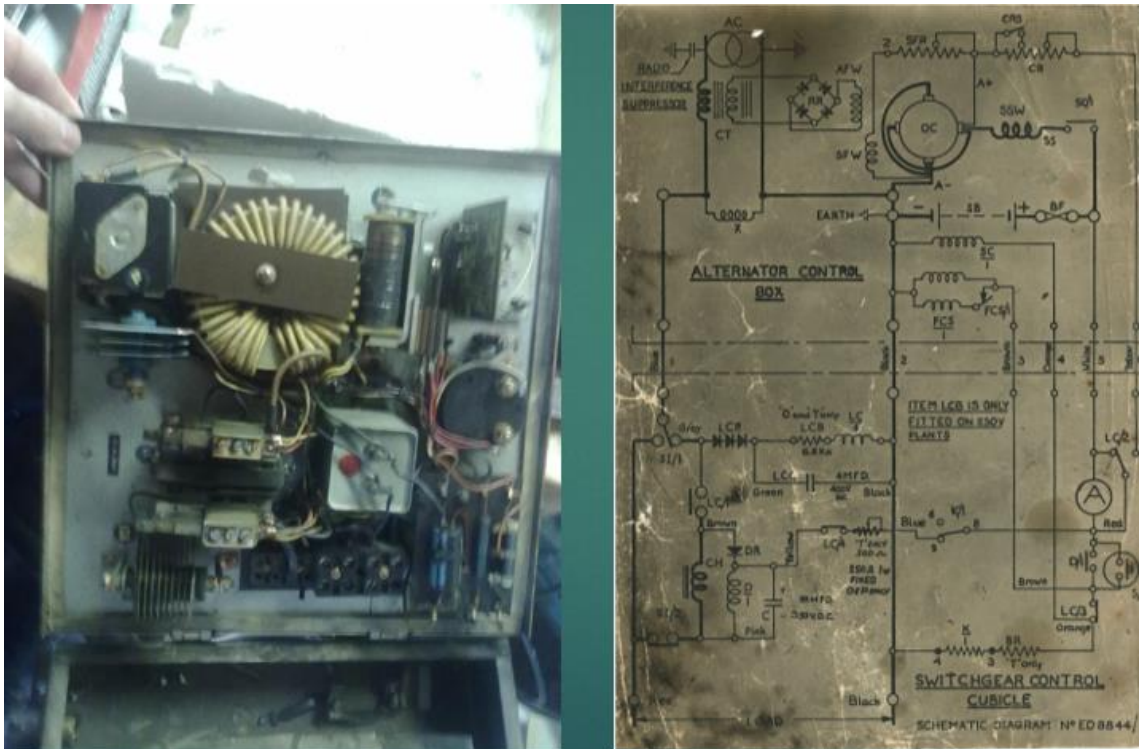
taattorin välityksellä dieselgeneraattori käynnistetään sarjamoottorina (5 ja 6) käynnistysakkujen virralla. Koneen käydessä, kommutaattorin 5 kautta varataan akkuja ja magnetoidaan generaattoria sivuvirtakoneena. Liukurenkaat 2 mahdollistavat kuormalle yksivaiheisen vaihtosähkön syötön akselin pyöriessä (Oldengine 2018, 2-3).



KUVA 14. Koneen lohkokaavio. (SCA)

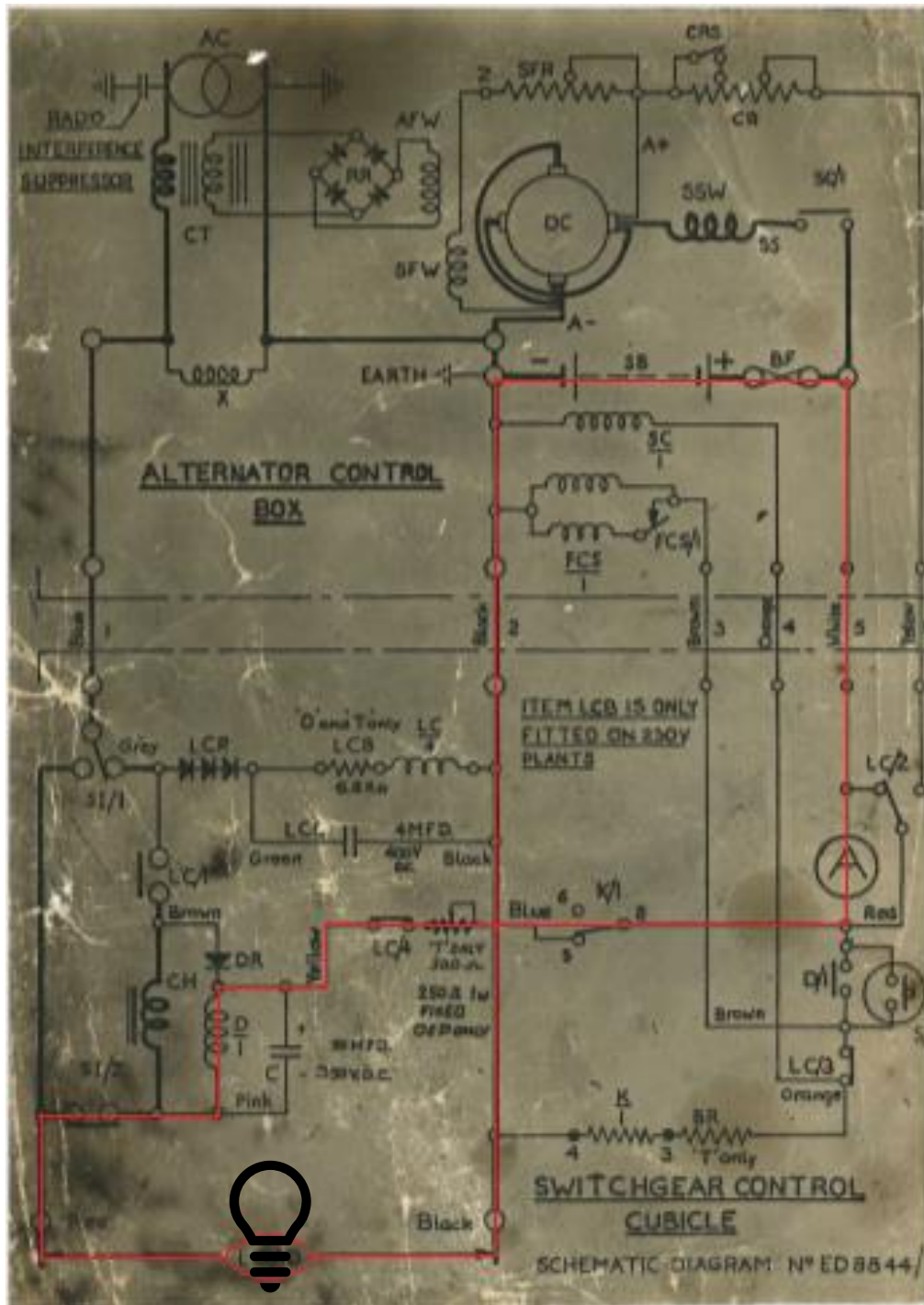
3.2 Ohjauspaneelin toiminnan selvitys

Ohjauspaneelin toimintaperiaatetta lähdettiin selvittämään kaapin sisältä löytyvien komponenttien ja piirikaavion perusteella. Toimintaperiaatteesta tiedettiin alun perin sen verran, että aggregaatin tulisi käynnistyä automaattisesti, kun mökissä laitetaan valot päälle ja sammua, kun kaikki kuorma kytketään pois päältä. Piirikaaviota tarkastellessa huomattiin, että piirikaavion yläosa esittää generaattoria, kytkentälaatikkoa ja akkuja, sekä näiden välisiä kytkentöjä. Alapuoli taas esittää korjattavaa ohjauspaneelia ja sisältämiä komponentteja (kuva 15).



KUVA 15. Ohjauspaneelin komponentit ja piirikaavio.

Piirikaavion perusteella lähdettiin hahmottamaan laitteen sähköistä toimintaa. Jotta kuorman tunnistus olisi aktiivinen, niin kytkimen SI/1 on oltava AUTO-asennossa (kuva 9). Kytkeyden STOP-asento taas tarkoittaa, että aggregaatti on käsikäytöllä ja voidaan käynnistää akselin päästä veivillä (kuva 11). Aggregaatin ollessa pysähdyksissä piirin ainoa aktiivinen sähköläähde on kytkennän akut (SB). Kuormantunnistus piirissä vaikuttaa siis tasavirta. Tunnistuspiiriä lähdettiin piirtämään kuvaan johtoreittiä pitkin (kuva 16).



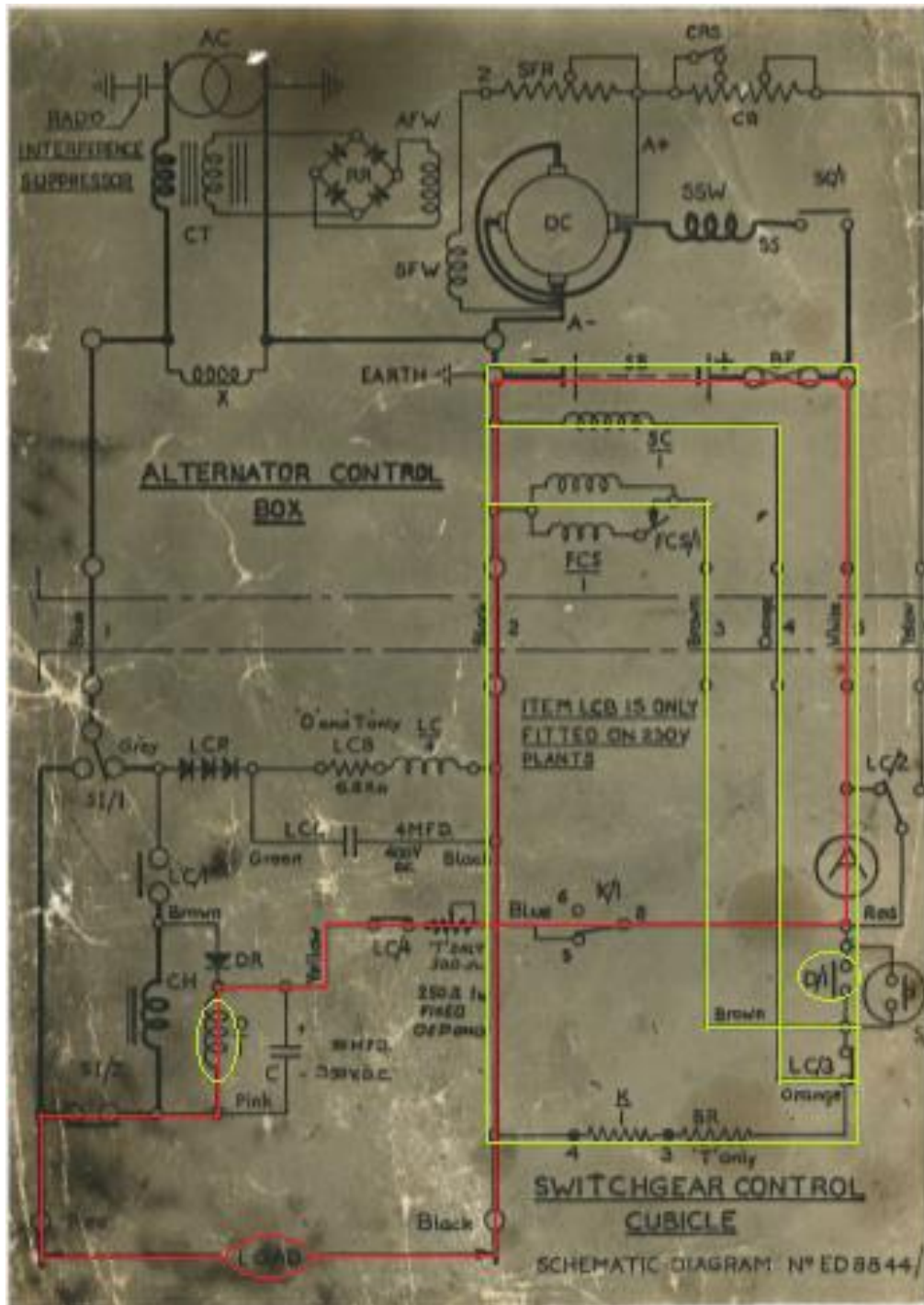
KUVA 16. Piirikaavio ja kuormantunnistuspiiri.

Jos seurataan tunnustuspiiriä virtalähteestä eli akuista lähtien niin virtareitti kulkee tässä ampeerimittarin, K/1-relee koskettimien, säätövastuksen, tunnustusreleen käämin D/1 ja kuorman läpi miinusjohtimeen, josta se menee takaisin akun miinusnapaan (kuva 16). Oldengine-nettisivustolta löytyi tietoa Start-o-matic-käynnistysperiaatteesta, mutta sivuston kone oli eri kokoinen ja tyyppinen. Sivustolta saatiin selville kuitenkin, että kone käynnistyy automaattisesti 40 Watin kuormalla (Oldengine 2018, 2).

keimmän komponentin D/1-releen tulisi siis vetää tällöin. Piirissä olevalla säätöresistanssilla voidaan säätää tunnistusvirtapiirin virtaa ja näin tunnistusreleen D/1 herkkyyttä tarvittaessa (kuva 16). Tunnistusrele veti testattaessa sitä säädettävällä tasavirtalähteellä hyvin alhaisella 1,5 V:n jännitteellä ja 15 mA:n virralla.

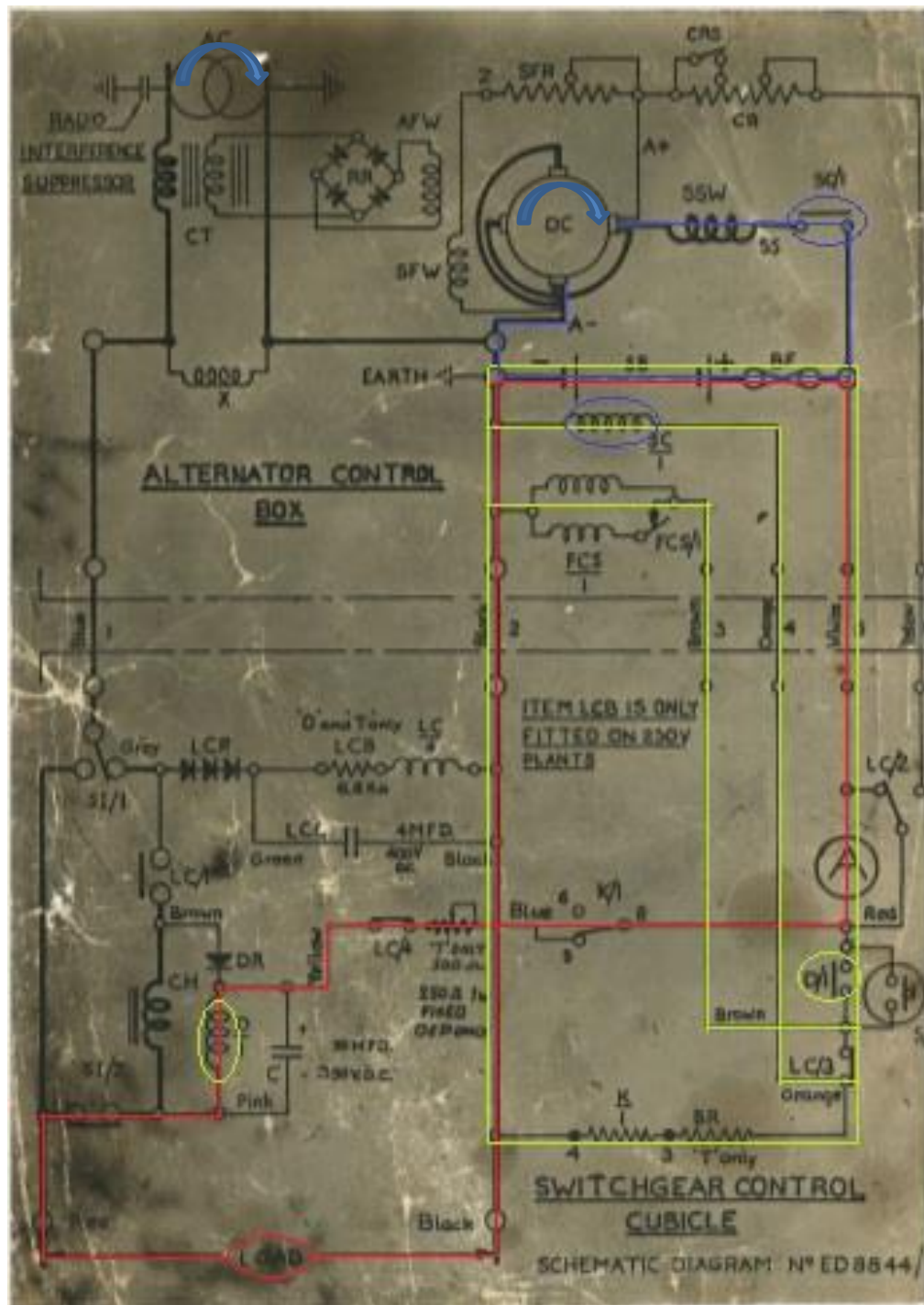
Kun tunnistusrele D/1 vetää, niin sen kosketin sulkee toisen virtapiirin. Tässä virtapiirissä ovat rinnakkain käynnistyskontaktorin (SC/1) ja polttoainesyötön kelat (FCS). Näiden rinnalla oli myös tuntematon piirikortti, jota kuvassa esittää K/1-rele (kuva 17).

Piirikortista lähetettiin kyselyä Lister Petterille, mutta heillä ei ollut enää mitään tietoa näin vanhasta aggregaatista. Lister Petter konsultoi kuitenkin toista englantilaista asiantuntijayritystä, josta selvisi, että kyseinen piirikortti on vain ajastin ja vanhalta tunnukseltaan J (Early 2018). Tällä tunnuksella saatiin selville taas Oldengine-nettisivustolta, että kyseisen piirikortin olisi tarkoitus katkaista alla olevassa kuvassa oleva keltainen piiri (kuva 17), jos piiri on aktiivisena 45 sekuntia (Oldengine 2018, 3). Syytä tämän piirin ajastukselle ei tiedetty, mutta toimintaperiaatetta ja komponentteja tarkasteltaessa arveltiin, että jos esim. akuissa ei ole tarpeeksi varausta tai polttoaine on loppu, niin kone menee lukitustilaan, josta pääsee pois RESET-nappia painamalla tai katkaisemalla virta kokonaan. K/1-piirikortti siis katkaisee punaisella värjätyn tunnistuspiirin ja kun tunnistusrele D/1 lakkaa vetämästä, niin myös keltainen piiri katkeaa, koska tunnistusreleen koskettimet D/1 aukeaa (kuva 17).



KUVA 17. Käynnistyspiiri: Polttoaineen syöttö.

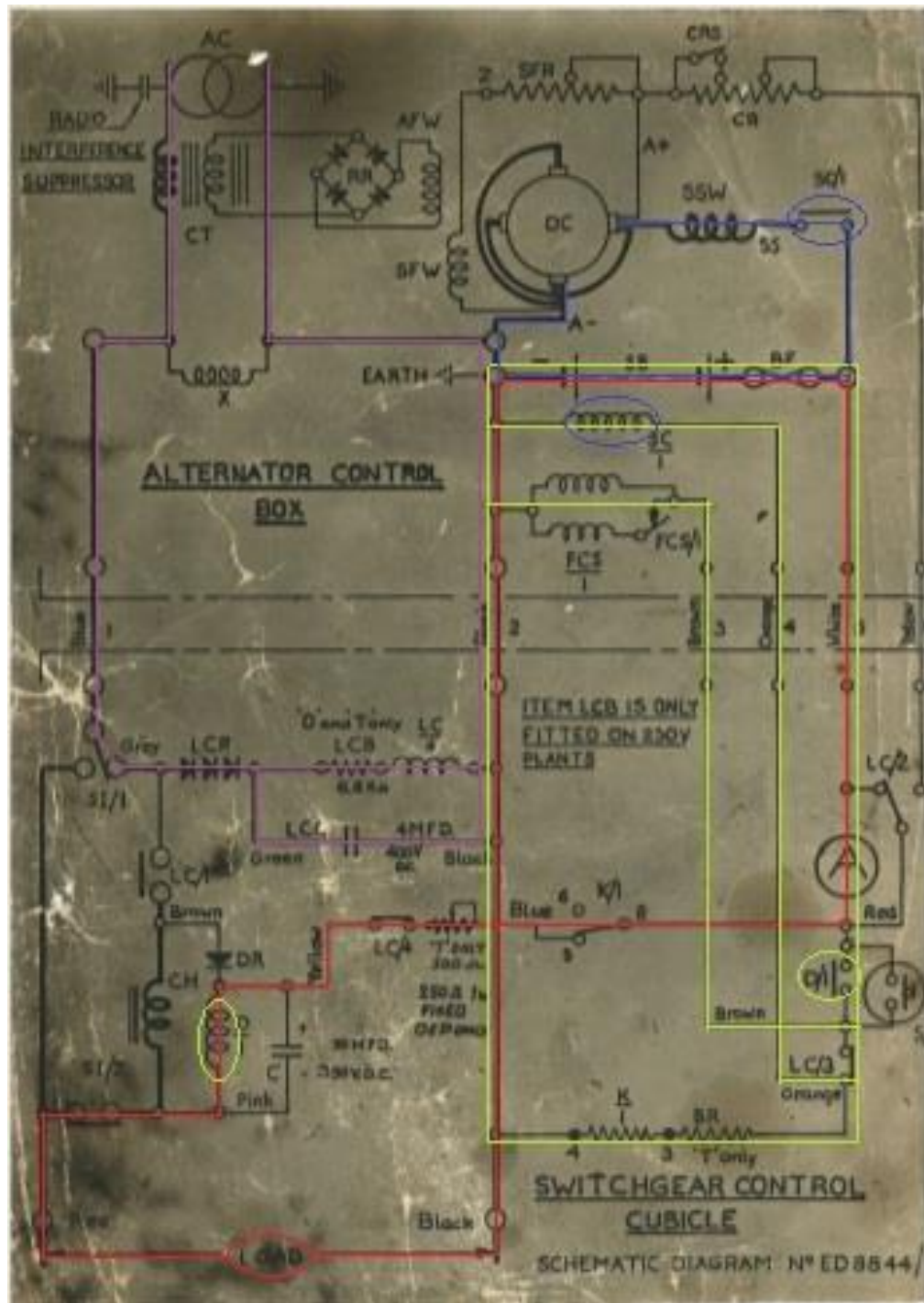
Käynnistyskontaktin SC/1 vetäessä se kytkee virtapiiriin koneen kommutaattorin hiiliharjojen ja akkujen välillä. Kone käynnistyy sarjamoottorina (Oldengine 2018, 2) ja samalla akselilla olevat liukurenkaatkin alkavat pyöriä ja generaattori alkaa tuottamaan vaihtosähköä AC. Sininen viiva näyttää käynnistysvirtapiiriin käynnistyskontaktin SC/1 sulkiessa koskettimet SC/1 (kuva 18).



KUVA 18. Käynnistyspiiri generaattorin toimiessa sarjamoottorina

Kun kone alkaa tuottamaan vaihtosähköä, vaihtovirta menee ennen kuormaa kuormareleelle LC/4. Kuormareleeseen LC/4 kanssa sarjassa on seleenitasasuuntaaja LCR, joka on puolialtotasasuuntaaja ja vastus LCB, jolla leikataan tasasuunnattua jännitettä. Kuormareleeseen rinnalla on kontaktori LCC, joka tasoittaa puolialtotasasuunnattua jännitettä (kuva 19).

Edellä mainittua toimenpidettä on luultavasti tarvittu sen takia, koska laite on valmistettu Englannissa, missä on 230 V:n sijaan käytössä 110 V:n sähköjärjestelmä. Ohjauslaite on tehty englantilaiseen järjestelmään sopivilla komponenteilla. Koneen tuottama 230 V:n jännite on tasasuunnattu ja leikattu 110 V:n komponentille sopivaksi (kuva 19).



KUVA 19. Koneen käyntipiiri aktiivisena.

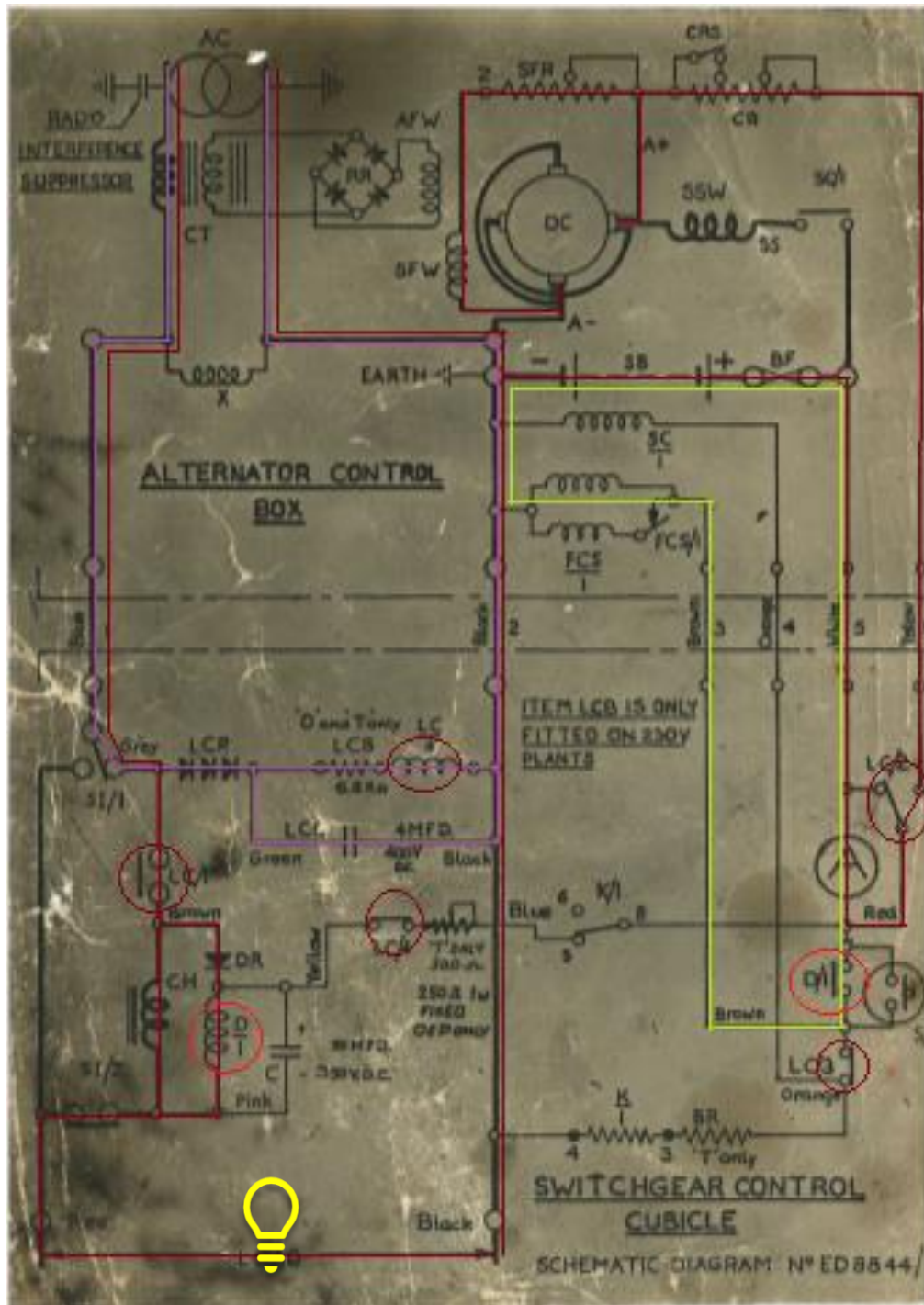
Kun kuormarele LC/4 vetää, niin sen koskettimen LC/1 läpi päästetään vaihtosähkö kuormalle. Kuormarele avaa myös koskettimen LC/4, jotta vaihtovirta ei pääse akkuihin, eikä muihin tasasähkökomponenteille. Kuormakontaktori LC/4 avaa myös koskettimen LC/3,

joka katkaisee käynnistyskontaktin SC/1 virtapiirin. Käämin SC/1 kosketin avautuu ja akut lopettavat koneen syöttämisen (kuva 20).

Tunnistusrele D/1 jää vetämään, koska myös sille on tehty tasasuuntaus seleenidiodisilalla DR ja elektrolyyttikondensaattori C tasaa releen käämin D/1 yli vaikuttavaa puoliaaltotasasuunnattua jännitettä. Näiden komponenttien rinnalle on laitettu toroidikuristin CH, jonka kautta menee suurin osa sähkövirrasta, jotta tunnistusreleen D/1 käämin läpi ei vaikuttaisi koko kuormavirta. Kuristin CH myös pudottaa jännitettä muille rinnakkaisille komponenteille sopivaksi (kuva 20).

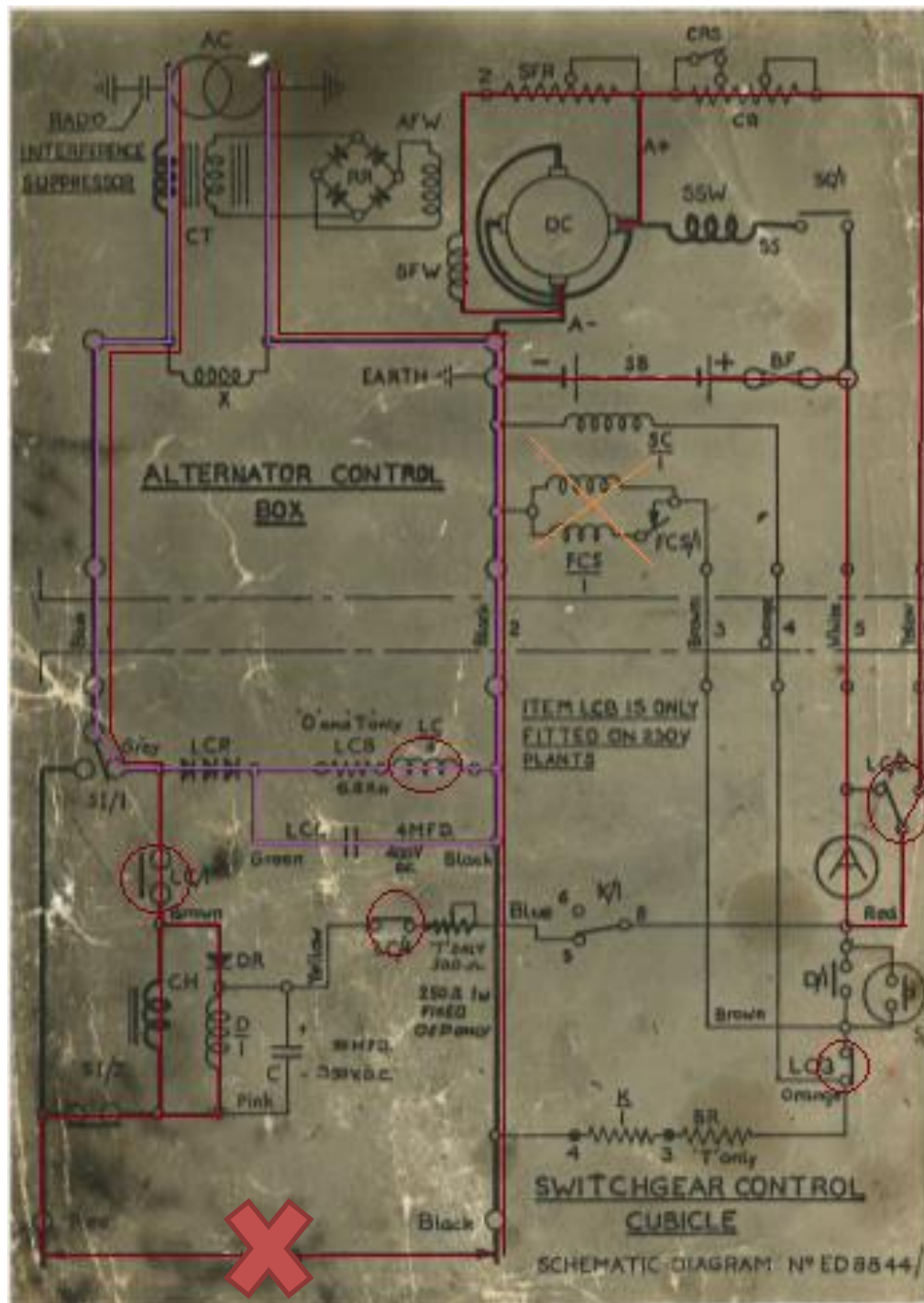
Kun kone on käynnissä eli dieselmoottori toimii generaattorin voimakoneena, niin generaattorin tasavirtakäämitys syöttää kommutaattorin ja hiiliharjojen (A+ & A-) välityksellä koneen magnetointikäämiä SFW. Harjojen ja magnetointikäämityksen välissä on säätövastus SFR, jolla voidaan säätää koneen magnetointivirtaa. Koska koneen magnetointikäämitys on kuvan mukaisesti ankkurin kanssa rinnakkain, niin tällaista menetelmää kutsutaan sivuvirtamagnetoinniksi (kuva 20). Kommutaattorin hiiliharjoilta lähtee myös toinenkin johtohaara, joka menee toiselle säätövastukselle CRS. Tällä vastuksella säädetään akkujen latausvirtaa, joka kulkee akuille kuormakontaktin LC/4 vaihtokytkin-koskettimien LC/2 läpi. Jotta akut latautuisivat pitää jännitteen potentiaalin olla korkeampi hiiliharjalla A+, kuin akun +-navassa (kuva 20).

Koneen käydessä, koneen syöttämän jännitteen säädöstä vastaa apukenttäkäämitys AFW. Käämityksen ohjaus tulee virtamuuntajalta CT, joka on kytketty vaihejohtimeen. Virtamuuntajasta CT tuleva virta tasasuunnataan kokoaaltotasasuuntaajalla RR, josta apumagnetointi AFW ottaa virtansa (kuva 20). Tästä järjestelystä ja kytkentäkuvasta voidaan päätellä, että koneen magnetointi kasvaa apukenttäkäämityksen AFW toimesta, mitä suurempi virta generaattorista otetaan (kuva 20).



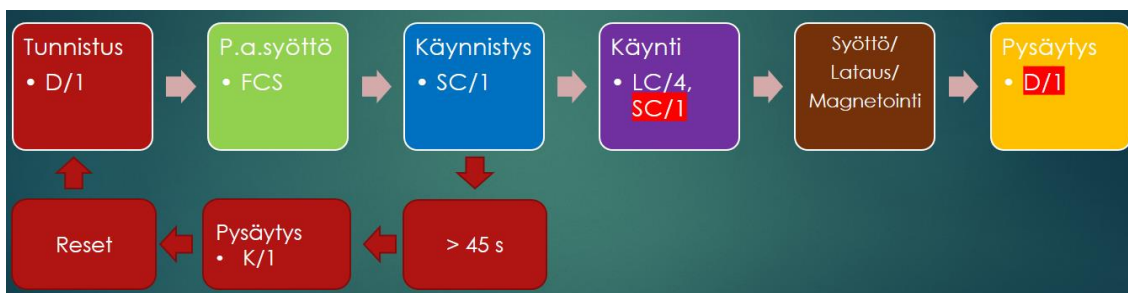
KUVA 20. Koneen syöttö-/lataus- ja magnetointipiirit aktiivisena.

Koneen automaattinen sammutus tapahtuu niin, että kun kuorma suljetaan pois päältä, niin tunnistusreleen D/1 virtapiiri katkeaa. Tämän seurauksena rele D/1 lakkaa vetämästä ja katkaisee keltaisen virta piirin solenoidille FCS (kuva 20). Polttoaineen syöttö lakkaa dieselmoottorille ja aggregaatti sammuu (kuva 21).



KUVA 21. Koneen automaattinen sammuminen.

Start-o-matic -järjestelmän käynnistys- ja sammutusvaiheista piirrettiin vielä lohkokaaivio selventämään ohjauksen toimintaperiaatetta. Neliöiden sisälle on kirjoitettu ohjauksen käynnistysvaiheen tunnus ja tunnuksen alapuolella on vaiheessa aktivoituva komponentti (kuva 22).



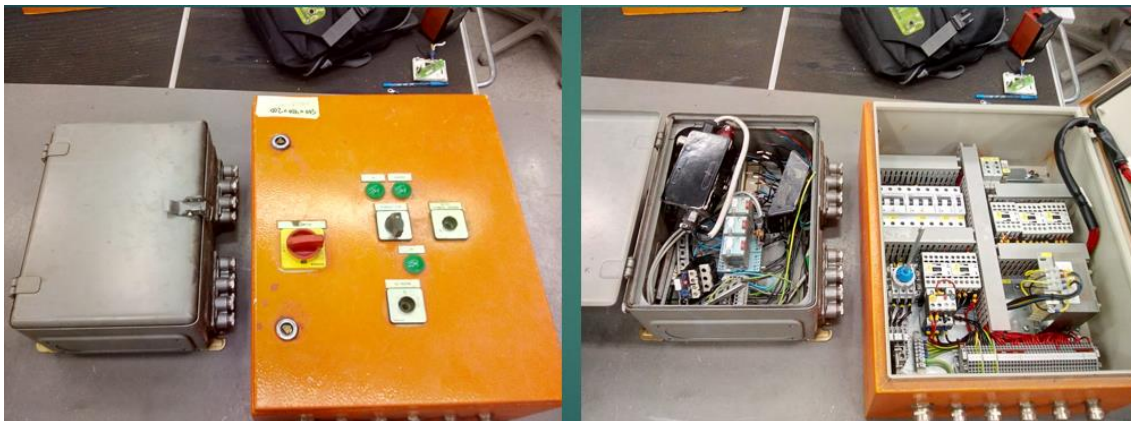
KUVA 22. Ohjauspaneelin toimintaperiaatteen lohkokaavio.

Jos ohjauksen vaiheet käydään vielä kertaalleen läpi lohkokaavion mukaisesti, niin aluksi kuorma tunnistetaan kuormantunnistusreleellä D/1. Toisessa käynnistysvaiheessa polttoaineen syöttö käynnistyy ja lähes samaan aikaan alkaa käynnistysvaihe, jossa käynnistysrele SC/1 aktivoituu. Jos konetta ei saada käyntiin 45 sekunnin aikana, niin koneen starttaus pysähtyy aikapiirin K/1 toimesta. Jotta kone saadaan käynnistettyä uudelleen pitää painaa RESET-painiketta tai katkaista akkujen syöttö. Kun kone onnistuu käynnistymään, aktivoituu kuormarele LC/4 ja sulkee käynnistysreleen SC/1 pois, jolloin kone lakkaa käynnistymisen akuilla. Kun kone on onnistuneesti käynnistynyt ja kuormarele LC/4 vetänyt, niin kone alkaa syöttämään kuormaa, lataamaan akkuja ja magneitoimaan itse itsensä. Pysäytys tapahtuu silloin kun kuorma häviää ja tunnistusrele D/1 lakkaa vetämästä.

Vaikka edellä on selitetty monta vaihetta koneen käynnistymiselle, niin käytännössä kuormareleen LC/4 vetäminen tapahtuu koneen käynnistyessä lähes samanaikaisesti, kun kuorman tunnistus tapahtuu eli tunnistusreleen D/1 vetäessä. Generaattorin kiihtyminen nimellisyörimisnopeuteensa taas kestää muutaman sekunnin, koska koneen akselilla on jonkin verran huimamassaa.

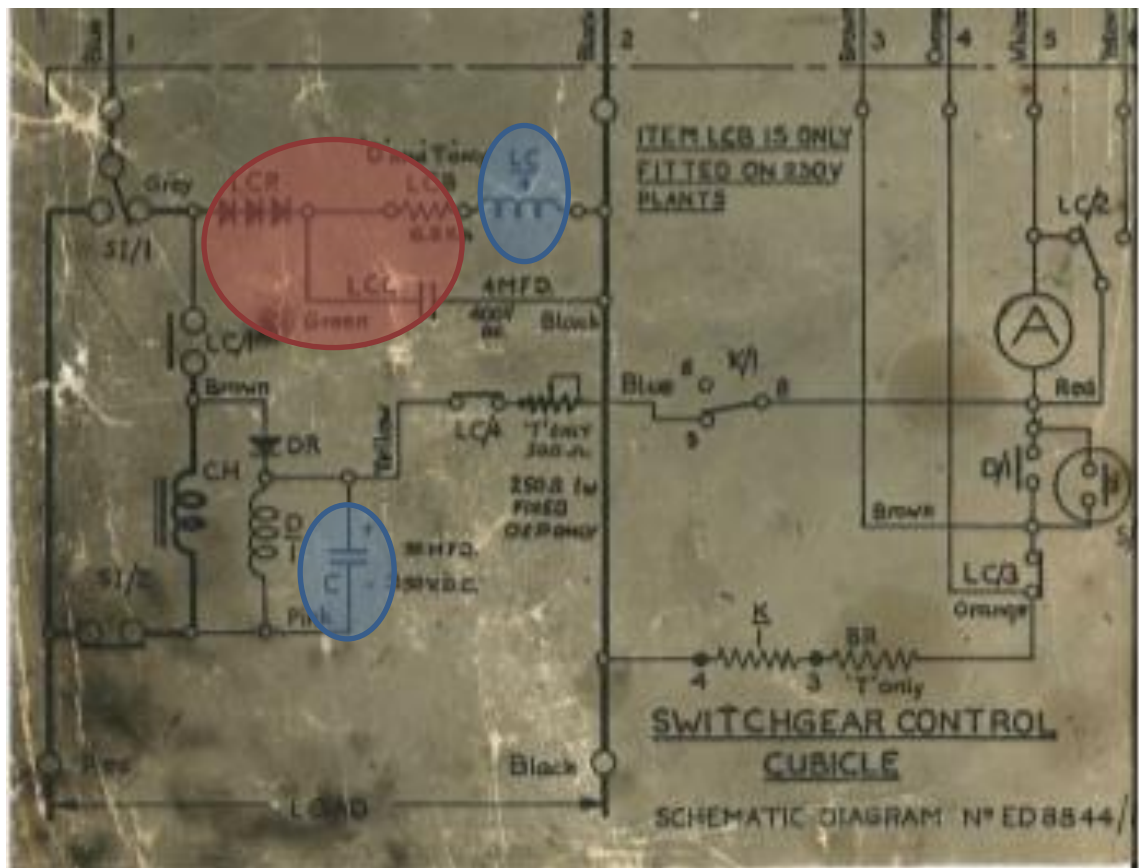
3.3 Ohjauspaneelin korjaustoimenpiteet

Korjaustoimenpiteitä varten saatiin varaosia Metso Mineralsin huoltokorjaamolta hankitusta oranssista ohjauspaneelistä, sekä Agco Powerilta hankitusta harmaasta ohjauspaneelistä (kuva 23). Myös TAMKin pajalta saatiin käyttöön joitain komponentteja ja osia.



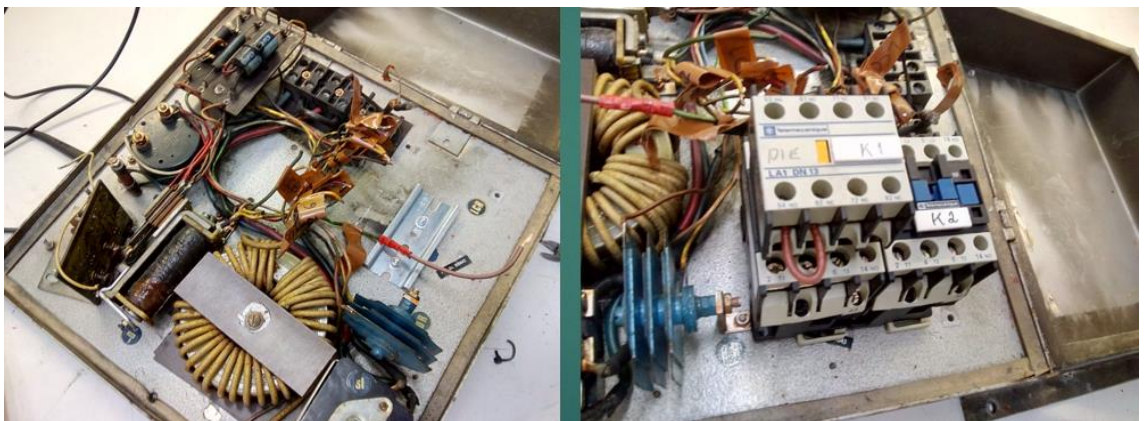
KUVA 23. Korjaustyöhön hankitut ohjauspaneelit ja sisältävät komponentit.

Korjaustyö aloitettiin rikkoutuneen kuormareleen LC/4 vaihtamisella. Koska kuormareleen arveltiin olevan 110 V:n rele, niin myös seleenidiodisilta LCR, vastus LCB, sekä kondensaattori LCC voitiin poistaa. Myös tunnistusreleen D/1 rinnalla oleva elektrolyyttikondensaattori C vaihdettiin uuteen, koska tämän tyyppisten kondensaattorien ei katsottu olevan pitkäikäisiä. Punaisella renkaalla merkatut komponentit poistettiin kokonaan ja sinisellä merkatut vaihdetaan uusiin (kuva 24).



KUVA 24. Poistettavat ja vaihdettavat komponentit.

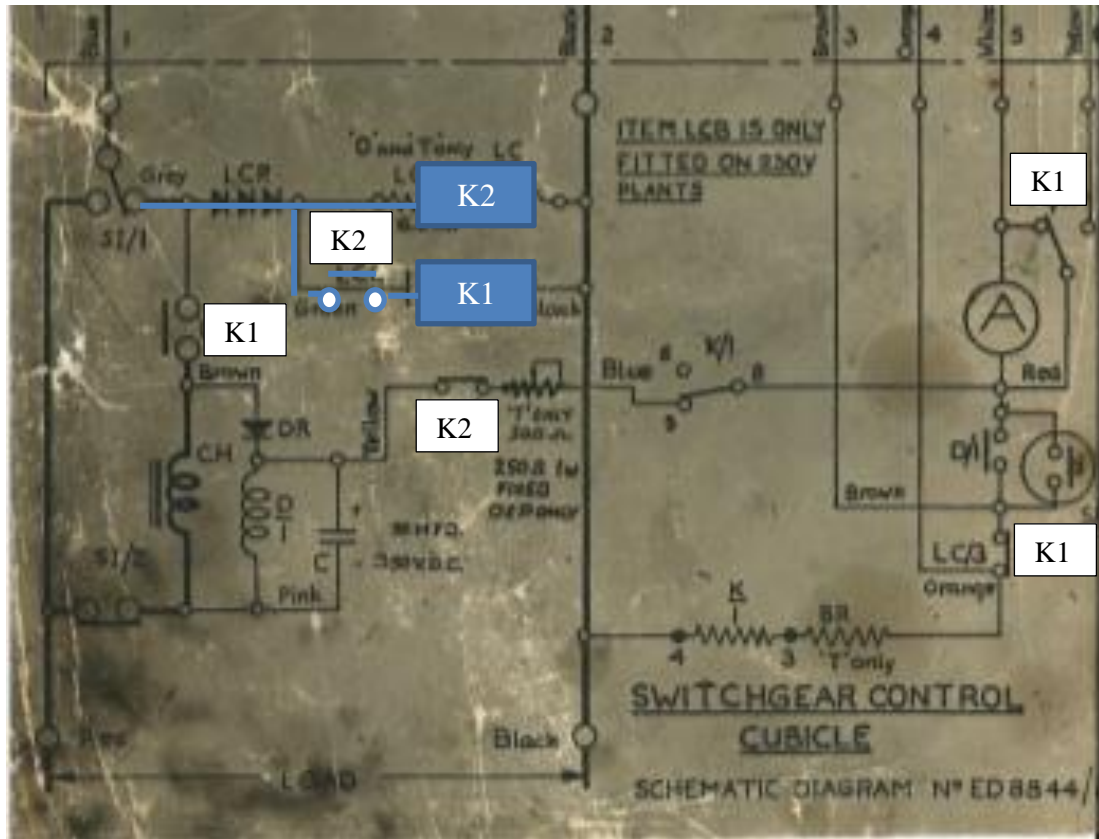
Poistettujen komponenttien tilalle laitettiin pätkä DIN-kiskoa, mihin voitiin kiinnittää kaksi nimellisjännitteeltään 230 V:n kontaktoria. Kontaktorien pääkoskettimien jatkuvan virran kestoarvo I_{th} oli 32 A, joten ne sopivat virta-arvoiltaan kytkentään, koska generaattorin syöttämä nimellisvirta on 31,8 A. Kontaktorit olivat peräisin Agco Powerilta hankitusta ohjauspaneelistä (kuva 25).



KUVA 25. DIN-kisko ja uudet kontaktorit.

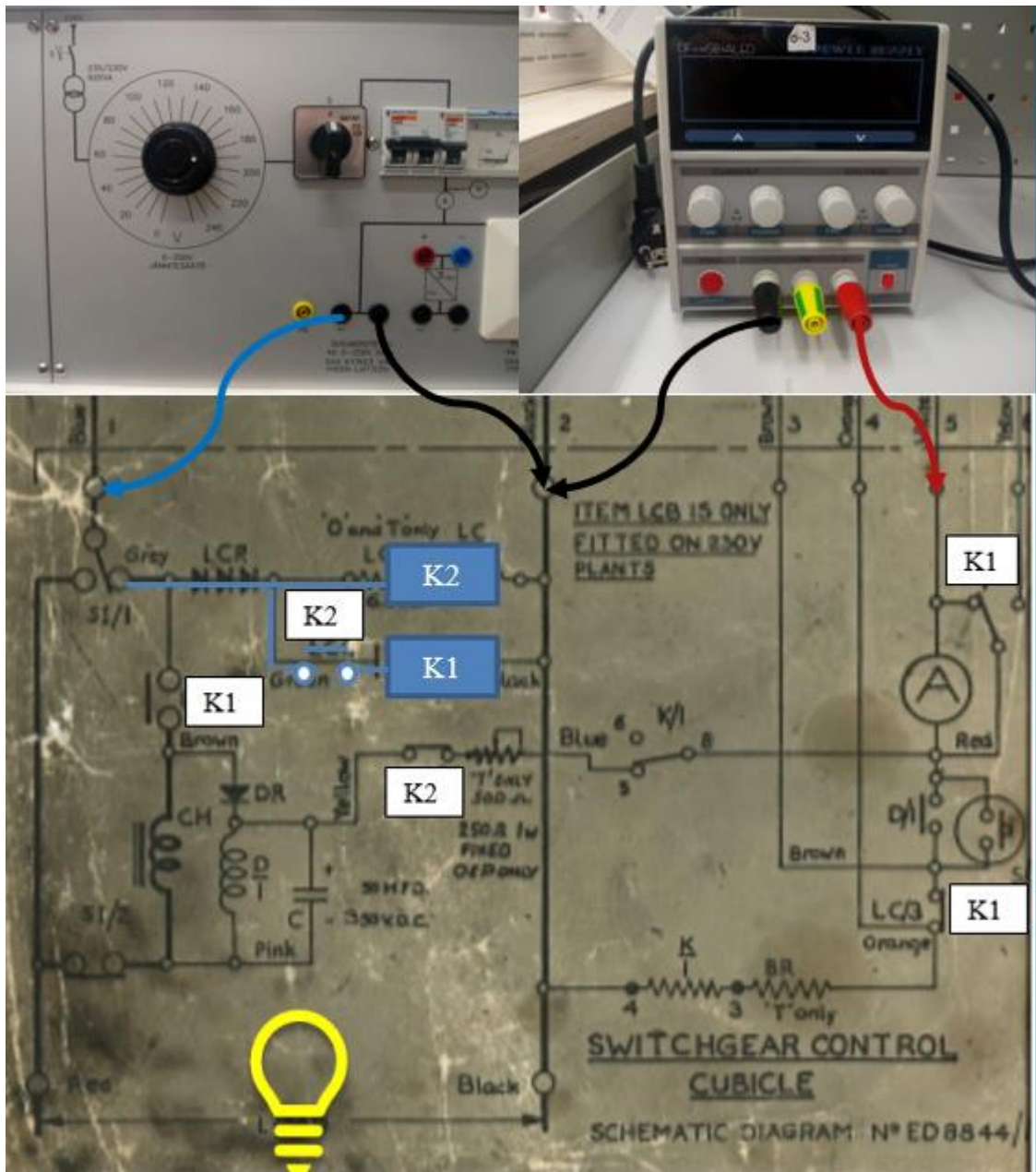
Kontaktorit kytkettiin rinnakkain niin, että kontaktori K2 aktivoituisi ensimmäisenä. Kontaktori K2 katkaisee virtareitin akuille ja tasasähkökomponenteille, sekä kytkee K1

kontaktorin päälle. Kontaktori K1 suorittaa kuormareleen LC/4 loput kytkennät. Näin saadaan aikaan pieni kytkentäviive, joka suojaa kytkennän tasasähköpuolta. K1-kontaktori katkaisee virtareitin tasasähköpuolelle, ennen kuin vaihtosähkö kytketään kuormalle K1 kontaktorin toimesta (kuva 26).



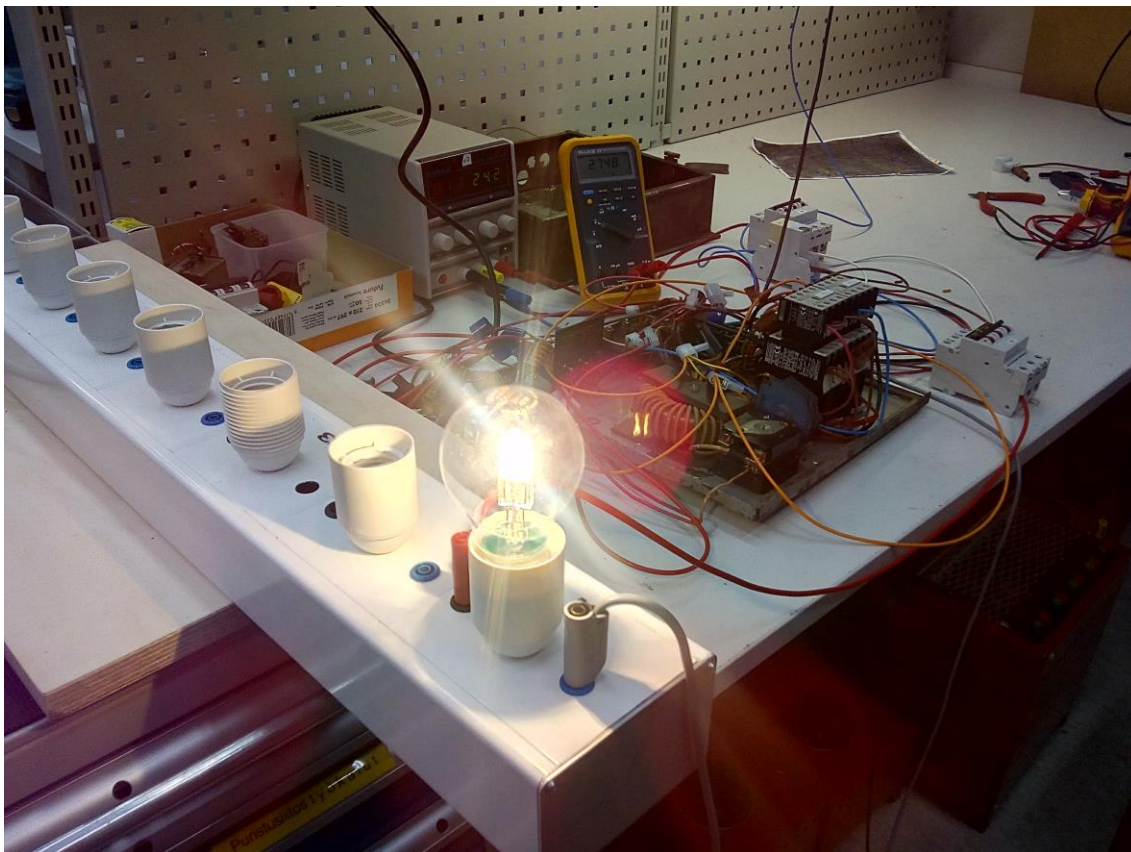
KUVA 26. Uusien kontaktorien kytkentä.

Kun edellä oleva kontaktorikytkentä oli saatu tehtyä, niin seuraavaksi ohjauspaneelille tehtiin testi tasa- ja vaihtosähkölähteillä. Testin vaihtosähkö tuotettiin laboratoriopöydän säädettävältä erotusmuuntajalta. Vaihtojännitteeksi säädettiin yleismittaria Fluke 87 apuna käyttäen generaattorin nimellisjännitteen suuruiseksi eli 220 V. Tasajännitelähteenä toimi säädettävä laboratoriovirtalähde. Tasajännitteeksi säädettiin akuista tuleva tasajännite eli 24 V. Vaihto- ja tasasähkölähteet liitettiin ohjauspaneeliin kuvan mukaisesti (kuva 27). Kuormana toimi 30 W halogeenivalaisin.



KUVA 27. Vaihto- ja tasasähkölähteiden liitäntä ohjauspaneeliin.

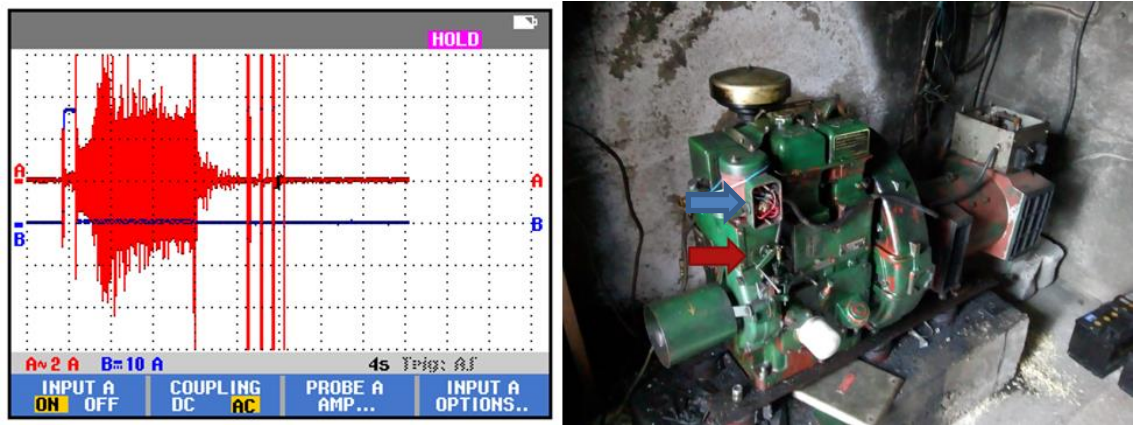
Testin alussa valaisin ei ollut yhteydessä kytkentään. Tasavirtalähde laitettiin päälle, koska akkuvirta vaikuttaa jatkuvasti kytkentään. Kun valaisin kytkettiin osaksi kytkentää, niin tunnistusrele D/1 aktivoitui ja sulki koskettimensa. Tämän jälkeen ohjauspaneelille kytkettiin vaihtovirta. Vaihtosähkön kytkentä piiriin mallinsi vaihetta, missä dieselmootorin käynnistyy. Kytketyt kontaktorit K1 ja K2 aktivoituivat ja valaisin meni päälle (kuva 28). Tämän perusteella voitiin todeta, että kytkentä toimii. Testin tarkoitus oli jäljitellä aggregaatin käynnistymistä.



KUVA 28. Toimiva ohjauspaneelin kytkentä.

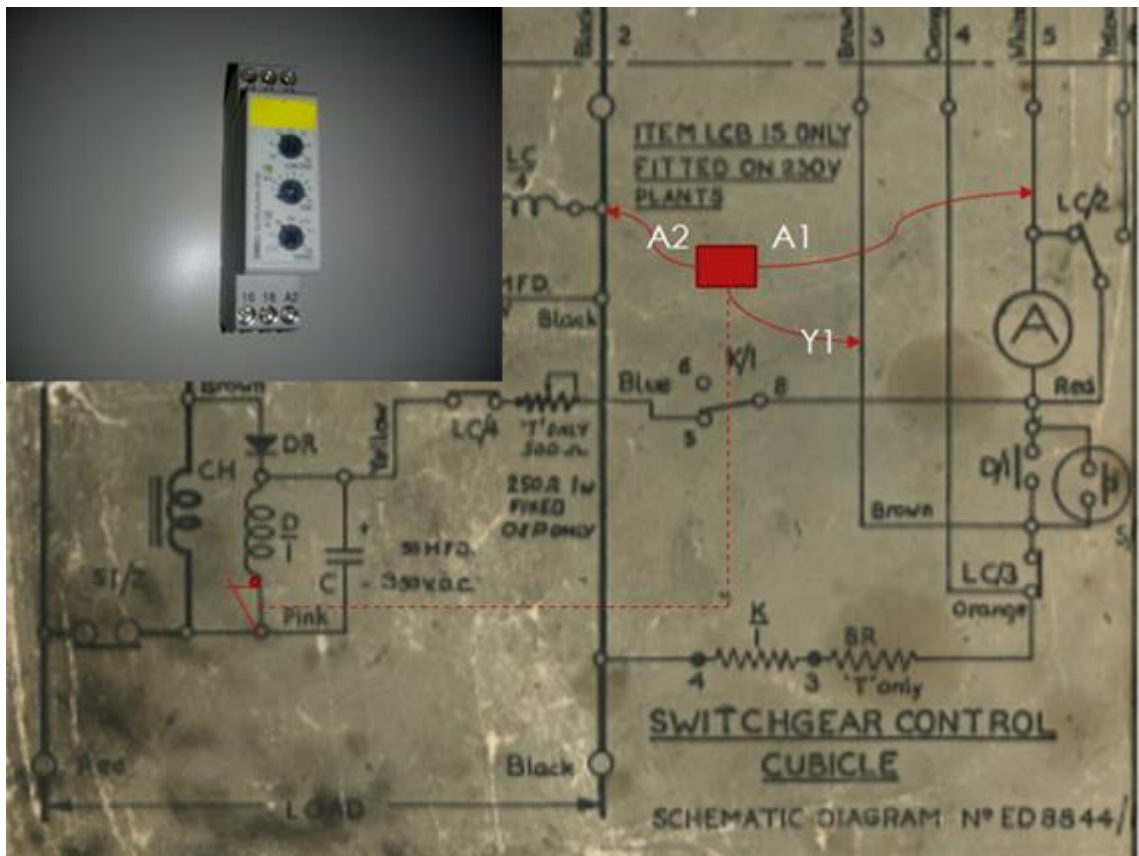
Ohjauspaneelin kytkentää lähdettiin testaamaan aggregaatin kanssa Kuusamoon. Aggregaatti käynnistyi onnistuneesti, mutta kun kuorma kytkettiin pois päältä, niin kone sammui neljän sekunnin ajan hyvin ja sitten tunnistusrele D/1 alkoi nykiä ja vetää muutaman kerran ennen koneen sammumista. Tunnistusrele D/1 kytki FCS-solenoidia päälle muutamien kerran ennen sammumista, jolloin kone näytti yrittävän käynnistyä. Tästä johtuvat koneen käynnistymisen ja sammutuksessa olevat piikit verhoikäyrän lopussa (kuva 29).

Käynnistyskäyrä mitattiin Fluken Scopemeter 190 -mittarilla. Kuvassa oleva punainen verhoikäyrä on ohjauspaneelin lähdön arvo eli kuormalle menevä vaihtovirta ja sininen on akkujen plusnavasta otettu tasavirran arvo (kuva 29). Aggregaatille kytkettiin kuorma päälle, jolloin dieselmoottori käynnistyi. Koneen annettiin käydä hetken aikaa ja sitten kuorma kytkettiin pois, jolloin kone sammui. Sinisen verhoikäyrän jyrkkä virrannousu tasajännitepuolella näyttää akkujen käynnistysvirran suuruuden. Vaihtosähköpuolen punaisen verhoikäyrän lopussa nähdään tunnistusreleen nykiminen neljänä korkeina virtapiikkinä (kuva 29).



KUVA 29. Aggregaatin käynnistyskuvaaja ja FCS:n sijainti.

Koska sammutusvaiheessa tapahtui tunnistusreleen nykimistä, niin Metso Mineralsilta saadusta ohjauspaneelistä otettiin käyttöön aikarele, jolla tehtiin tunnistusreleelle ajastettu pakkosammutus. Kuvassa on esitetty aikareleen kytkentä ohjauspaneeliin (kuva 30).

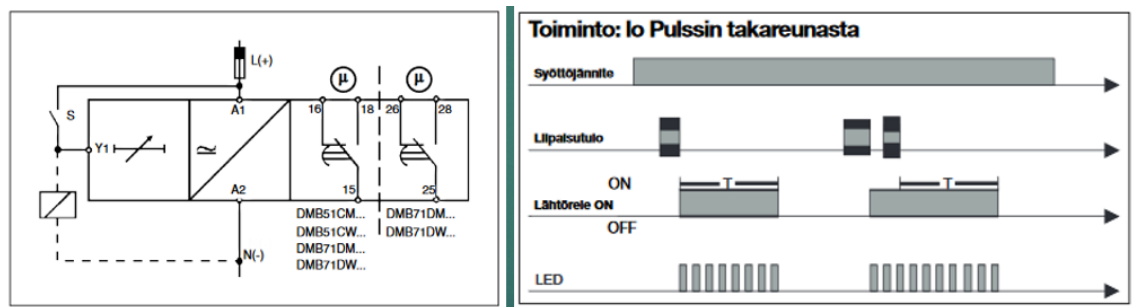


KUVA 30. Aikareleen kytkentä ohjauspaneeliin.

Edellä mainittu monitoimiaikarele on tyypiltään DMB51. Rele toimii sillä periaatteella, että liittimiin A1 ja A2 tuodaan releen syöttöjännite eli 24 V. Ohjaussignaali taas tulee

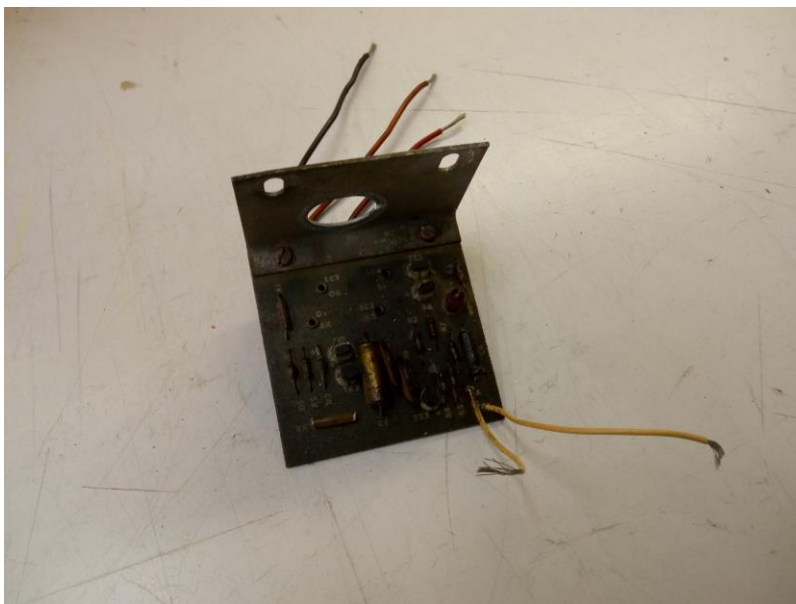
erikseen liittimeen Y1. Kun aikarelettä käytetään Io-toiminnolla (kuva 31), niin rele toimii ohjaussignaalin laskevalla reunalla ja pysyy toiminnassa asetetun ajastuksen ajan. (Carlo Gavazzi 2006, 2)

Ohjaussignaali otetaan solenoidille FCS menevältä liittimeltä (kuva 30). Aikarelelen avautuvakosketin kytketään tunnistusreleen perään, jolloin se ei pääse vetämään koneen sammuessa (kuva 30). Ajastimen koskettimet kytketään avautuvaksi käyttämällä liittimiä 15 ja 16 (kuva 31). Koskettimien virtakestoisuus on erilaisilla kuormilla 2,5-5 A (Carlo Gavazzi 2006, 1). Tunnistusreleen ottama virta on kuitenkin hyvin pieni virta, ja suurin osa virrasta menee kuristimen CH läpi.



KUVA 31. Aikarelelen kytkentä ja Io-toiminto. (Gavazzi 2006)

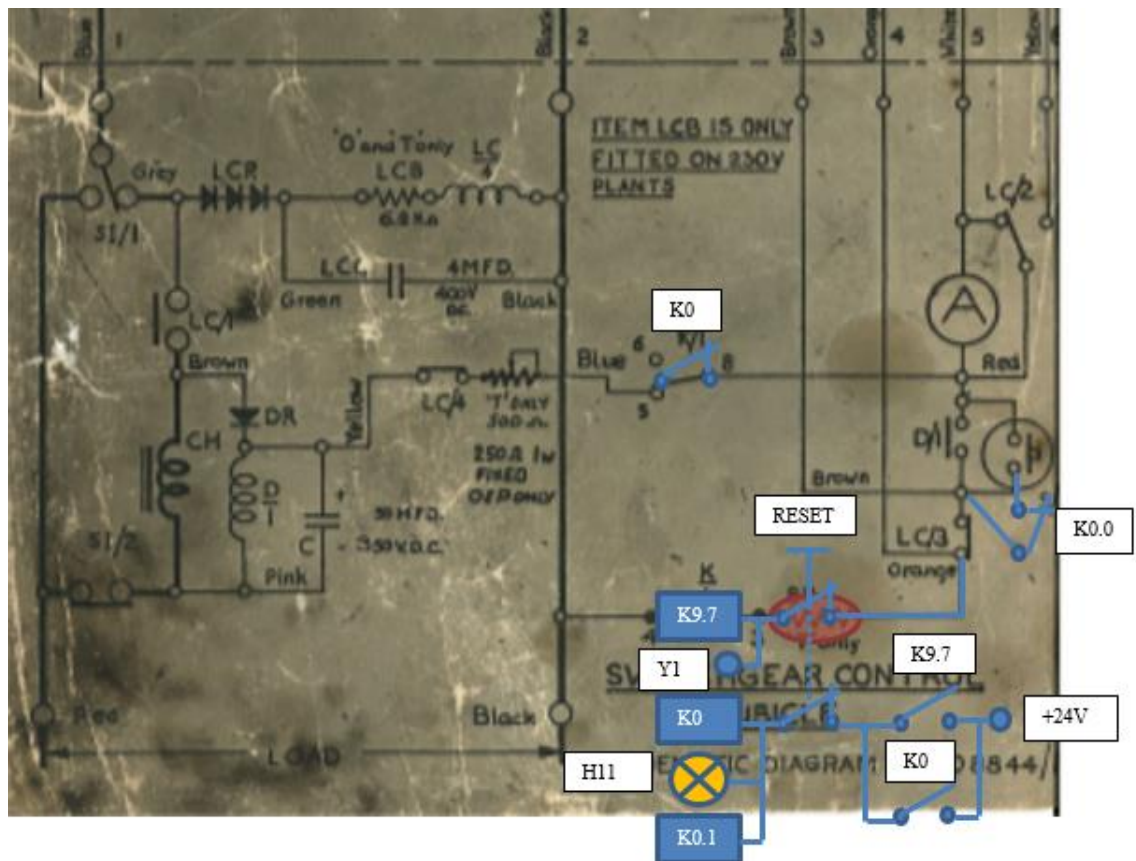
Lopuksi haluttiin vielä selvittää aikapiirikortin K/1 kunto, koska piirikortti näytti hyvin kuluneelta osalta ja sisälsi elektrolyyttikondensaattoreita (kuva 32). Piirikortti oli kuitenkin kytkettynä testauksen aikana, eikä se häirinnyt muuta käyttöä. Piirikorttiin johdettiin tasasähköä, mutta koska se ei reagoinut millään tavalla, niin tilalle suunniteltiin uusi ajastinpiiri.



KUVA 32. Vanha ajastinpiiri K/1.

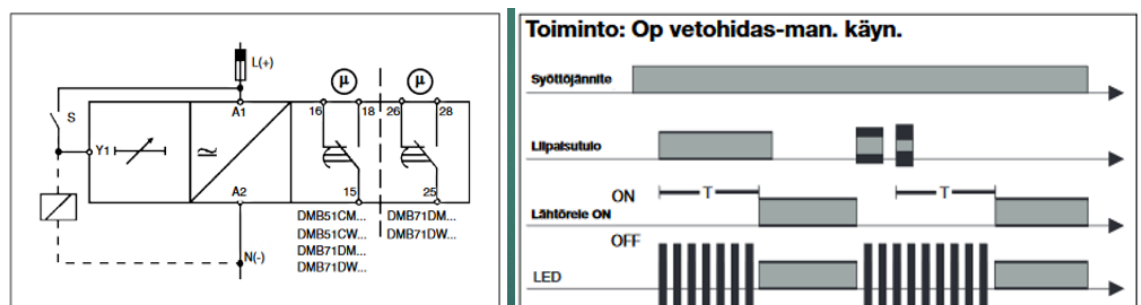
Uusi ajastinpiiri tehtiin taas toisella samanlaisella aikareleellä K9.7 kuin aikaisempi ”pakopysäytys”. Tämäkin oli myös peräisin Metso Mineralsin ohjauspaneelistä. Uuden ajastinpiirin kaksi muuta relettä (K0 ja K0.1) ja valopainike (H11/RESET) saatiin käyttöön TAMKin pajalta. Kytkentä tehtiin samalla periaatteella kuin millä alkuperäinen ajastinpiirikortti K/1 olisi pitänyt toimia.

Aikarele K9.7 kytkettiin suoraan piiriin niin, että aiemmin mainitun keltaisen piirin aktivoituessa se saa myös heti kytkentäsignaalin Y1-liittimeen. Rele asetettiin tällä kertaa vetohidastukselle, jolloin se vetää ohjaussignaalin saatuaan sille asetetun ajan jälkeen. Aikarele K9.7 vetäessä se sulkee koskettimensa ja päästää virran toisessa piirissä olevalle releelle K0. Releen K0 koskettimet tekevät pitopiirin, jolloin rele K0 jää vetäväksi ja pitopiiri voidaan kytkeä pois vain RESET-painiketta painamalla tai katkaisemalla sähköt kokonaan. K0-releen avautuva kosketin kytkee tunnistuspiirin pois päältä, jolloin kone ei voi käynnistyä, koska se ei saa polttoainetta. K0-releen rinnalle on kytketty rele K0.1 ja merkkivalo H11. Rele K0.1 koskettimilla varmistetaan, ettei START-painikkeella voida käynnistää konetta, jos aikarele K9.7 on ehtinyt vetää eli konetta ei voi käynnistää aktivoituneen ajastinpiirin ohi. Punainen merkkivalo H11 kertoo, että starttaus ei ole onnistunut ja vian syy tulisi selvittää (kuva 33).



KUVA 33. Uusi ajastinpiiri.

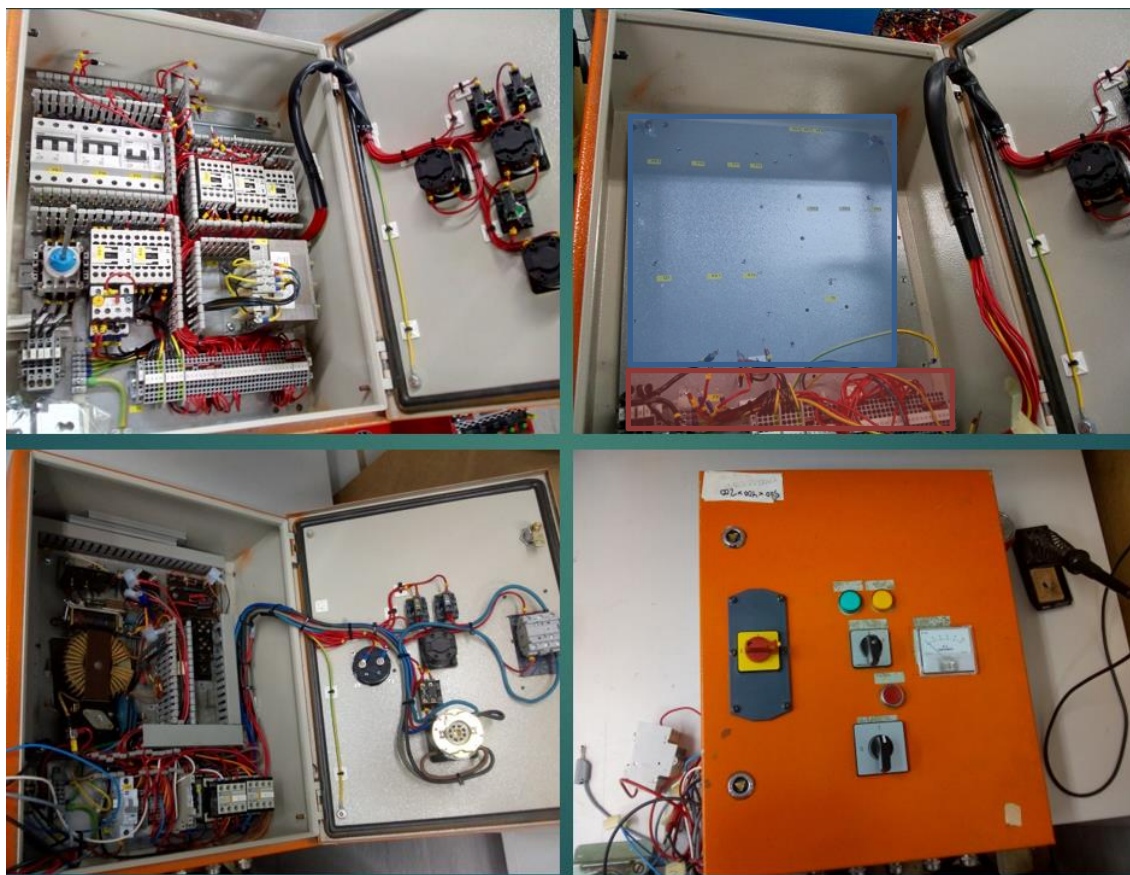
Ajastinpiirin ajastin K9.7 kytkettiin asetukselle Op (kuva 34). Rele aloittaa ajastuksen ohjaussignaalin eli liipaisintulon nousevalla reunalla, jonka jälkeen rele vetää asetetun ajastuksen jälkeen (Carlo Gavazzi 2006, 2). Aikareleen ajaksi asetettiin 42 sekuntia, koska sitä pystyi säätämään vain kuuden sekunnin välein. Aika on kuitenkin parempi olla lyhyempi, kuin aikaisemman piirin K/1(J) ohjeessa mainittu 45 sekuntia. Jos koneen käynnistyspiirissä ei ole vikaa, niin käynnistys pitäisi tapahtua muutamassa sekunnissa.



KUVA 34. Aikareleen kytkentä ja Op-toiminto. (Gavazzi 2006)

Koska uudet komponentit eivät mahtuneet enää vanhaan ohjauspaneeliin, niin kytkennät tehtiin uudelleen Metso Mineralsilta saatuun isompaan kaappiin. Kaapissa olleet vanhat

komponentit irrotettiin. Uusi kokoonpano suunniteltiin niin, että vanhat komponentit tulevat kaapin yläpuolelle piirrettyyn sinisen neliön kohdalle ja uudet komponentit tulevat alapuolella olevaan DIN-kiskoon. Myös kanteen laitettiin uusi pääkytkin, uudet merkki-valot ja painikkeet, uusi virtamittari ja uusi muokattu ST/1 kytkin, jolla kytkettiin automaattikäynnistys päälle ja pois (kuva 35).



KUVA 35. Uusi kaappi ja kokoonpano.

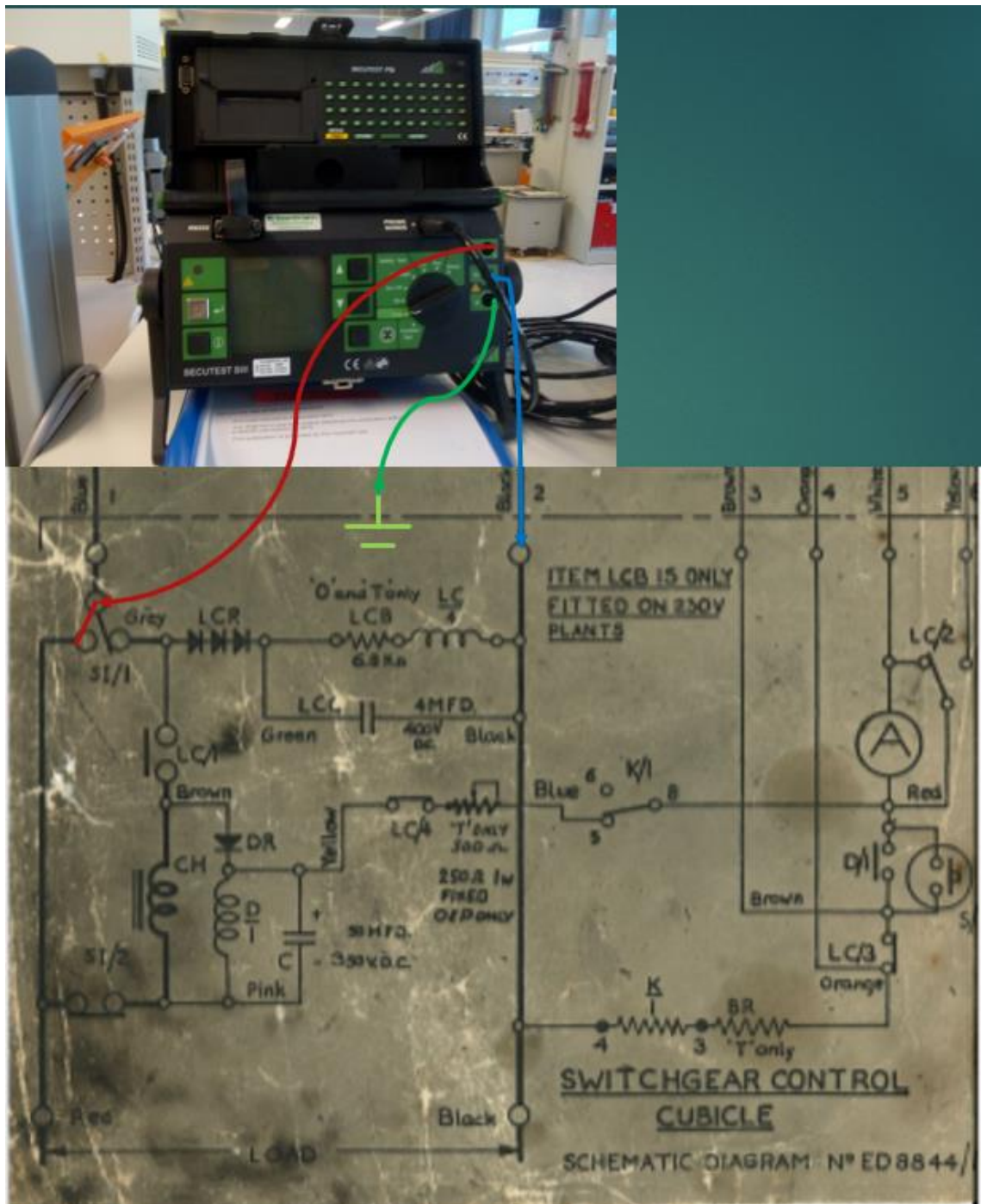
Ohjauspaneelille hankittiin myös koulun pajalta START-painike. Kannessa olevat komponentit nimettiin vielä tarrakirjoittimella. Kannessa oleva vihreän valon H 9.1 palaminen tarkoittaa sitä, että kone on käynnissä, koska se on liitetty K1-kontaktorin sulkeutuvaan koskettimeen. Valo siis palaa, kun kone käynnistyy. Keltainen valo taas seuraa FCS-solenoidin toimintaa, koska koneen sammuaessa tämä piiri nyki. RESET-painikkeessa on myös valo H11. Samoin START-painikkeessa, joka on liitetty K1-kontaktorin avautuvaan koskettimeen. Valo siis palaa aina, kun kone ei käy. SL-kytkin oli kannessa ylimääräinen, mutta sillä päädyttiin ohjaamaan merkkivaloja päälle ja pois. Virtamittari on kytketty mittaamaan latausvirtaa. Uusi SI/1-kytkin kytkee automaattiohjauksen päälle ja pois. Jatkuvan virran kesto tällä kytkimellä on 60 A. Uusi pääkytkin ST1 kytkee sekä

akkujen virran, että syöttöpuolen virran pois ja päälle. Pääkytkimen jatkuvan virran kesto on 40 A (kuva 36). Tunnistusreleelle otettiin koululta tarpeeksi herkkä puolijohderele K4 varareleeksi, jos vanha tunnistusrele hajoaa. Uudesta kokoonpanosta piirrettiin myös uudet kytkentä- ja komponenttensijoituskuvat. Nämä löytyvät raportin liitteistä (liitteet 1-3).



KUVA 36. Valmiin ohjauspaneelin kansiprofiili.

Valmiiseen kokoonpanoon tehtiin vielä standardin EN 60335-1/2013 (Kotitalouksiin ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut sähkölaitteet. Turvallisuus.) mukaiset mittaukset. Mittalaitteena toimi SECUTEST SIII, jolla mitattiin suojajohtimen jatkuvuus R_{pe} , eristysresistanssi R_{ins} ja vuotovirta I_{elc} . Kuvassa 37 on esitetty mittauskytkentä. Kytkin SI/1 kytkettiin mittauksen ajaksi myös käsikäytölle eli STOP-asentoon.



KUVA 37. Mittauskytkentä.

Ohjauspaneeli läpäisi mittaukset. Mittalaitteesta pystyi tulostamaan mittaustulokset. Näistä tehtiin vielä taulukko 1, johon laitettiin mittaustulokset ja mittalaitteen tarjoamat raja-arvot. Taulukon sarake U_{ins} on eristysresistanssin mittausjännite ja sarake U_{LN} on vaihejännite. Mittausten alussa tehtiin myös aistinvarainen tarkastus silmämääräisesti. Mitään eristevikoja ei johtimissa näkynyt ja kosketusvaaraa jännitteisiin osiin havaittu ohjauspaneelin kannen ollessa kiinni.

TAULUKKO 1. Tarkastusmittauspöytäkirja.

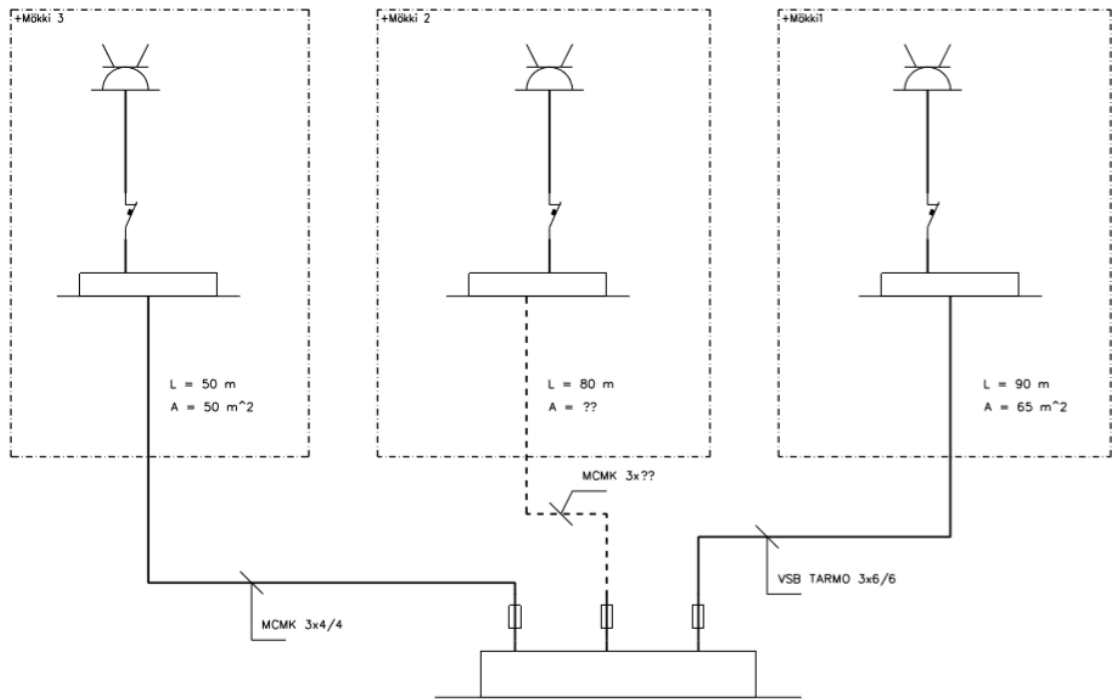
Tarkastusmittaus					
Mittauksen pvm. 6.6.2018					
Mittauksen standardi EN 60335					
	R _{pe}	R _{ins}	U _{ins}	I _{elc}	U _{LN}
Mitattu arvo	0.034 Ω	> 310 Ω	521 V	0.053 mA	195 V
Raja-arvo	< 0.10 Ω	> 1.0 Ω	500 V	< 0.5 A	253 V
Aistinvarainen tarkastus: OK					

3.4 Mökkien vikasuojaus

Mökkien sulakesuojaus tarkistettiin lopuksi kohteelle. Koska oikosulkutehoa ja -impedanssia ei ollut koneeseen saatavilla, oikosulkuvirran suuruudesta kyseltiin KW-set nimiseltä varavoimalaitoksia suunnittelevalta yritykseltä. Ohje arvoksi sieltä annettiin kolminkertainen nimellinen virta, eli oikosulkuvirta I_k olisi silloin:

$$I_k = 3 \times 31,8 \text{ A} = 95,4 \text{ A}$$

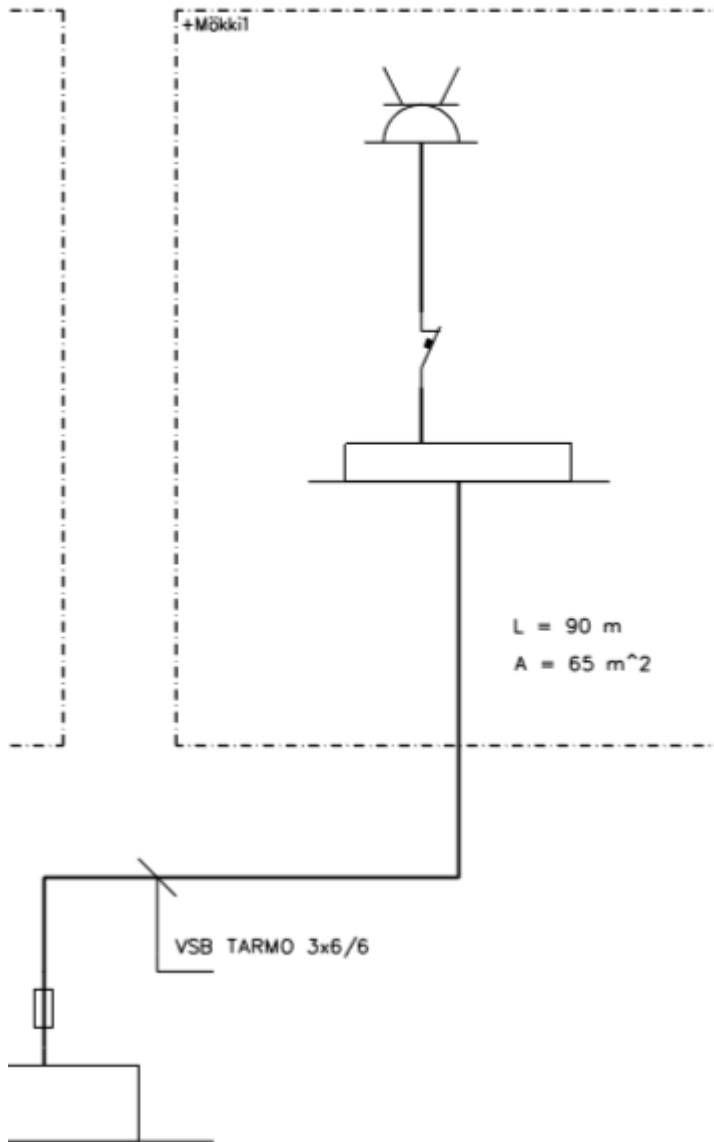
Tällä oikosulkuvirralla tarkistettiin, että onko mökkien laskennallinen vikasuojaus kunnossa. Kuvassa oleva pääkeskus sijaitsee aggregaatin vieressä. Se sisältää kolme 16 A gG-sulaketta jokaiselle mökille. Mökki 2:sta ei ole vielä kytketty generaattorin kuormaan, eikä kaapelia vedetty. Tällekin mökille tehtiin kuitenkin kaapeli ja vikasuojaus suositukset, vikasuojaus laskujen perusteella. Mökkien pinta-alat ja sulakkeet, sekä nousujohtojen pituudet ja tyypit on varmistettu mökkien omistajilta (kuva 38).



KUVA 38. Mökkien nousujohtokaavio.

Mökki 1:ssä on pisin nousujohto ryhmäkeskukselle, 90 m (kuva 39). Johdon pituudella ja aiemmin lasketulla, karkeasti arvioidulla oikosulkuvirralla I_k laskettiin generaattorin oikosulkuimpedanssi Z_{vp} , käyttäen kaavaa (1):

$$Z_{vp} = \frac{c \times U}{I_k} = \frac{0,95 \times 230}{95,4 \text{ A}} = 2.29 \Omega$$



KUVA 39. Mökki 1 johto ja sulakkeet.

Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskukselle lasketaan seuraavasti. Nousujohtoon poikkipinta-ala on 6 mm^2 (kuva 38). Poikkipinnaltaan 6 mm^2 -kuparikaapelin impedanssi z katsottiin D1-2012 kirjan taulukosta 41.6 (D1-2012, 96). Impedanssin z arvo tälle poikkipinta-alalle on $3,66 \text{ } \Omega/\text{km}$. Oikosulkuimpedanssin laskettiin kaavalla (2):

$$Z_{vr} = Z_{vp} + 2z \times l = 2,29 \text{ } \Omega + 2 \times 3,66 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0,090 \text{ m} = 2,95 \text{ } \Omega$$

Pääkeskuksella olevien pääsulakkeiden (gG 16 A) oikeellisuus tarkistetaan laskemalla nousujohtoon vaikuttava oikosulkuvirta kaavalla (3):

$$I_{kr} = \frac{c \times U}{Z_{vr}} = \frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{2,95 \Omega} = 74 \text{ A}$$

Teoksen D1-2012 taulukosta 41.8 tarkistetaan gG 16 A -sulakkeelle 5 sekunnin poiskyt-kentääjän pienin oikosulkuvirta (D1-2012, 98). Se on 65A, joten vaatimuksen mukainen suojaus toteutuu.

Koska todellista ryhmäkeskukselta pistorasioille menevää ryhmäjohton pituutta ei tiedetä, pisin johtoreitti ryhmäjohtolle arvioitiin mökin pinta-alasta A (kuva 39). Mökin harja on 4,5 metrissä. Johtoreitin oletetaan nousevan seinää ylös, kulkevan välikatossa ja laskevan sitten alas pistorasialle. Koska johtoreitin pituus halutaan ylimitoitaa, niin harjan korkeutta käytetään seinän korkeutena. Johton reitti välikatossa taas ylimitoitetaan mökin pinta-alan lävistäjällä, mökin ala oletetaan tässä neliön muotoiseksi. Kaavassa oleva pituus $l1$ tarkoittaa pisintä arvioitua johtoreittiä:

$$l1 = \text{mökin lävistäjä} + 2 \times \text{harjan korkeus}$$

$$l1 = \sqrt{(65 \text{ m}^2)^2 + (65 \text{ m}^2)^2} + 2 \times 4,5 \text{ m} = 101 \text{ m}$$

Mökkiin on aikaisemmin asennettu C 16 A -johdonsuoja-automaatti ryhmäkeskukselta pistorasioille meneville ryhmäjohtojen. Koska generaattorin oikosulkuvirta I_k on hyvin alhainen, niin johdonsuoja-automaatiksi vaihdettiin B 10 A. Pienin sallittu oikosulkuvirta I_{ks} tälle johdonsuoja-automaatille katsottiin D1-2012-teoksen taulukosta 41.9 (D1-2012, 99). Ryhmäjohton poikkipinnaksi arvioidaan vanhan sulakkeen perusteella $2,5 \text{ mm}^2$. Ryhmäjohton impedanssin arvo z katsottiin D1-2012-teoksen taulukosta 41.6 (D1-2012, 96). Pistorasiaryhmän suurin sallittu johdon pituus laskettiin kaavalla (4):

$$l1_{max} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vr}}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{50 \text{ A}} - 2,95 \Omega}{2 \times 8,77 \Omega/\text{km}} = 0,163 \text{ km} = 163 \text{ m}$$

B 10 A-johdonsuoja-automaatti sopii siis kohteeseen, koska mökin ryhmäjohton reitti $l1$ on lyhyempi, kuin pisin sallittu johdon pituus $l1_{max}$.

Mökille 3 tehtiin myös sama tarkastelu kuin aikaisemmin. Nousujohton poikkipinta-ala ja pituus ovat pienemmät, joten lopputulos on eri kuin aiemmin. Mökin ryhmäkeskuksessa on valmiina 10 A gG-sulakkeet (kuva 40).

Nousujohdon poikkipinta-ala on 4 mm^2 (kuva 40). Koska kyseessä on kuparikaapeli, katsottiin laskuihin kuparin impedanssi z tälle kaapelille D1-2012 kirjan taulukosta 41.6 (D1-2012, 96). Impedanssin z arvo tälle poikkipinta-alalle on $5,48 \Omega/\text{km}$. Oikosulkuimpedanssin laskettiin kaavalla (2). Johdon pituus l on tällä kertaa 50 m.

$$Z_{vr} = Z_{vp} \times 2z \times l = 2,29 \Omega + 2 \times 5,48 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0,050 \text{ m} = 2,56 \Omega$$

Pääkeskuksella olevien pääsulakkeiden oikeellisuus tarkistetaan laskemalla nousujohdon vaikuttava oikosulkuvirta, kaavalla (3):

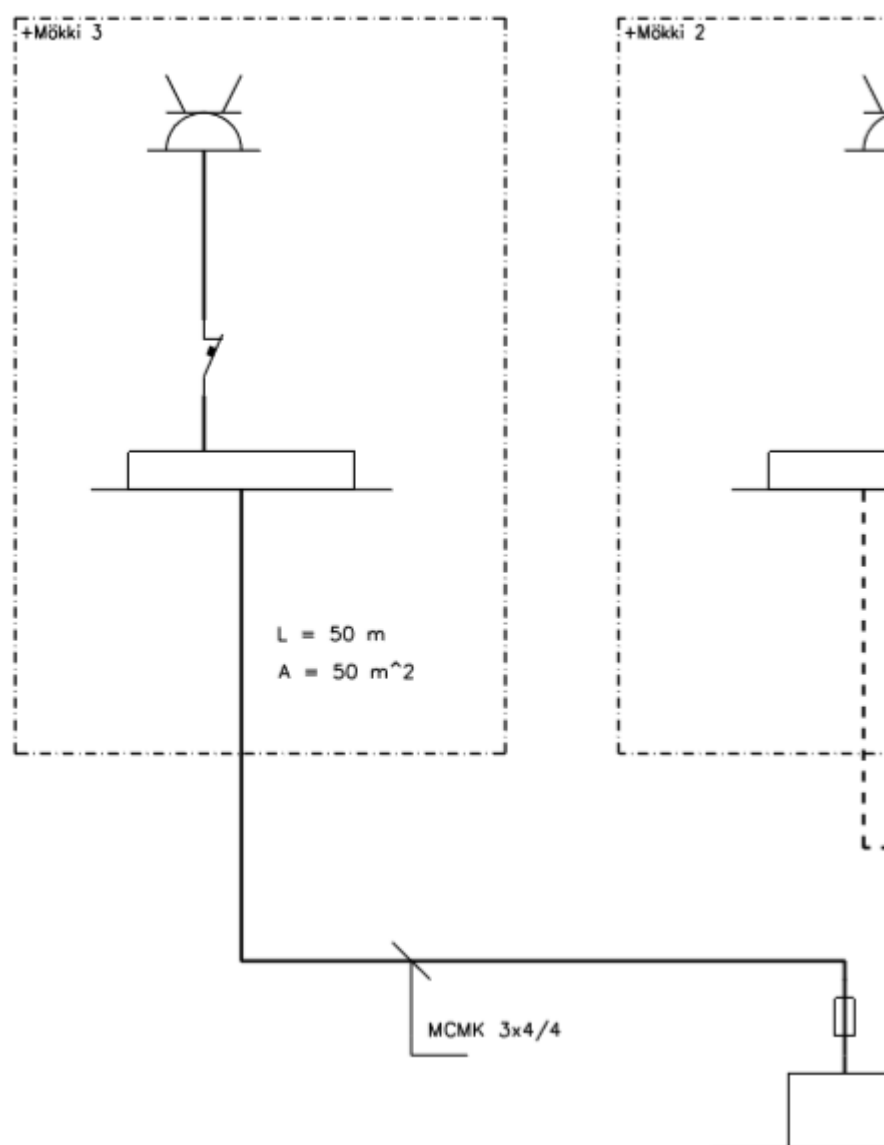
$$I_{kr} = \frac{c \times U}{Z_{vr}} = \frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{2,56 \Omega} = 85,4 \text{ A}$$

Teoksen D1-2012 taulukosta 41.8 tarkistetaan 16 A gG-sulakkeelle 5 sekunnin poiskyt-kentääjälle pienin oikosulkuvirta (D1-2012, 98). Se on 65 A, joten vaatimuksen mukainen suojaus toteutuu.

Koska todellista ryhmäkeskukselta lähtevän ryhmäjohdon pituutta ei taas tiedetä, pisin johtoreitti ryhmäjohdolle arvioitiin mökin pinta-alasta A (kuva 40). Mökin harja on 4,5 metrissä:

$$l3 = \text{mökin lävistäjä} + 2 \times \text{harjan korkeus}$$

$$l3 = \sqrt{(50 \text{ m}^2)^2 + (50 \text{ m}^2)^2} + 2 \times 4,5 \text{ m} = 79,7 \text{ m}$$



KUVA 40. Mökki 3:n nousukaapeli ja sulakkeet.

Ryhmäjohdon poikkipinnaksi arvioidaan vanhan sulakkeen $gG 10 A$ perusteella $1,5 \text{ mm}^2$. Pistorasiaryhmän suurin sallittu johdon pituus lasketaan kaavalla (3) ja sulakkeen pienin oikosulkuvirta $0,4$ sekunnin poiskytkentä ajalle katsotaan teoksen D1-2012 taulukosta 41.7 (D1-2012, 97).

$$l_{3_{\max}} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vr3}}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{82 \text{ A}} - 2,56 \Omega}{2 \times 14,62 \Omega/\text{km}} = 0,036 \text{ km} = 36 \text{ m}$$

Suurin sallittu johdon pituus ylittyy reilusti, joten suojaus ei toteudu $0,4$ sekunnin poiskytkentä ajalle. Sama lasku tehtiin kuitenkin sulakkeen 5 sekunnin poiskytkentä ajalle. Tämä

katsottiin teoksen D1-2012 taulukosta 41.8 (D1-2012, 98), jossa pienin oikosulkuvirta on pienempi:

$$l3_{max} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vp}}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{46,5 \text{ A}} - 2,56 \Omega}{2 \times 14,62 \Omega/\text{km}} = 0,073 \text{ km} = 73 \text{ m}$$

5 sekunnin poiskytkentä ajallekaan suojaus ei toteudu, joten 10 A gG-sulaketta ei voida käyttää edes mökin kiinteissäkään laitteissa. Ryhmäjohdoille vaihdettiin johdonsuoja-automaatti B 6 A. Pienin oikosulkuvirta I_{ks} suojalaitteelle B 6 A katsottiin teoksen D1-2012 taulukosta 41.9 (D1-2012, 99).

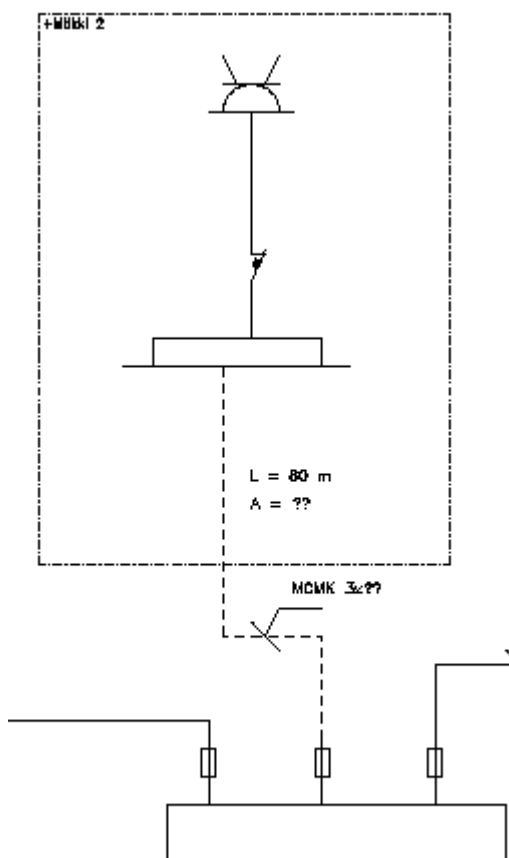
$$l3_{max} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vp}}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{30 \text{ A}} - 2,29 \Omega}{2 \times 14,62 \Omega/\text{km}} = 0,162 \text{ km} = 162 \text{ m}$$

Suurin johtopituus $l3_{max}$ on tässä tapauksessa pidempi, kuin mökin arvioitu pisin ryhmäjohto $l3$. Ryhmäjohtoon suojaus toteutuu siis tällä johdonsuojalla.

Mökki 2:n nousukaapelia ei ole vielä asennettu, mutta koska välimatka on generaattorin ja mökin välillä pitkä ja generaattorin tehonanto pieni, niin käytetään jännitteenalenneman vähentämiseksi tässäkin mökissä paksumpaa nousukaapelia. Vikasuojaus lasketaan poikkipinnaltaan 6 mm^2 johtimille, mutta tätä suurempiakin johtimia voidaan myös nousukaapelissa käyttää.

Oikosulkuimpedanssi tälle ryhmäkeskukselle 2 lasketaan seuraavasti. Nousujohtoon poikkipinta-ala on 6 mm^2 . Nousukaapeliksi valittiin kuparikaapeli ja laskuihin katsottiin kuparin impedanssi, jonka saa 6 mm^2 -kaapelille D1-2012 -kirjan taulukosta 41.6. Impedanssin z arvo tälle poikkipinta-alalle on $3,66 \Omega/\text{km}$ (D1-2012, 96). Matkaa generaattorilta mökille on suurin piirtein 80 m (kuva 41). Oikosulkuimpedanssi ryhmäkeskukselle laskettiin kaavalla (2):

$$Z_{vr} = Z_{vp} + 2z \times l = 2,29 \Omega + 2 \times 3,66 \frac{\Omega}{\text{km}} \times 0,080 \text{ km} = 2,88 \Omega$$



KUVA 41. Mökki 2:n nousukaapeli ja sulakkeet.

Pääkeskuksella olevien pääsulakkeiden oikeellisuus tarkistetaan laskemalla nousujohd-
toon vaikuttava oikosulkuvirta, kaavalla (3):

$$I_{kr} = \frac{c \times U}{Z_{vr}} = \frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{2,88 \Omega} = 75,8 \text{ A}$$

Teoksen D1-2012 taulukosta 41.8 tarkistetaan gG 16 A -sulakkeelle, 5 sekunnin poiskyt-
kentäajalle pienin oikosulkuvirta (D1-2012, 98). Se on 65A, joten vaatimuksen mukainen
suojaus nousujohdolle toteutuu.

Koska todellista ryhmäkeskukselta lähtevää ryhmäjohtoon pituutta ei tiedetä, pisin johto-
reitti ryhmäjohtoon arvioitiin mökin pinta-alasta A (kuva 41). Mökin harja on 10 metrin
korkeudessa ja pinta-ala on 40 m^2 .

$$l2 = \text{mökin lävistäjä} + 2 \times \text{harjan korkeus}$$

$$l2 = \sqrt{(40 \text{ m}^2)^2 + (40 \text{ m}^2)^2} + 2 \times 10 \text{ m} = 77 \text{ m}$$

Koska generaattorin oikosulkuvirta I_k on hyvin matala, niin johdonsuoja-automaatiksi valitaan B 10 A. Ryhmäjohdon poikkipinnaksi valitaan $2,5 \text{ mm}^2$. Pistorasiaryhmän suurin sallittu johdon pituus lasketaan kaavalla (4):

$$l2_{\max} = \frac{\frac{c \times U}{I_{ks}} - Z_{vr}}{2 \times z} = \frac{\frac{0,95 \times 230 \text{ V}}{50 \text{ A}} - 2,88 \Omega}{2 \times 8,77 \Omega/\text{km}} = 0,085 \text{ km} = 85 \text{ m}$$

B 10 A-johdonsuoja-automaatti sopii siis kohteeseen, koska mökin ryhmäjohdon reitti $l2$ on lyhyempi, kuin suurin sallittu johdon pituus $l2_{\max}$.

Mökki 2:seen kokeiltiin aluksi 4 mm^2 -nousujohtoa ja $1,5 \text{ mm}^2$ -ryhmäjohtoa. Kumpakaan ei voi laskujen mukaan tässä mökissä käyttää, koska pisin sallittu ryhmäjohdon pituus jäisi liian lyhyeksi. Laskien saaduista komponenttisuosituksista tehtiin vielä taulukko (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Mökkien johdot ja sulakkeet.

	Nousujohdon suoja	Nousujohto	Ryhmäsulake	Pisin ryhmäjohto
Mökki 1	gG 16 A	VSB TARMO 3x6/6	B 10 A (C 16 A)	MMJ 3x 2.5
Mökki 2	gG 16 A	MCMK 3 x 6/6	B 10 A	MMJ 3 x 2.5
Mökki 3	gG 16 A	MCMK 3 x 4/4	B 6 A (gG 10 A)	MMJ 3 x 1.5

Taulukossa on lueteltu mökkiverkkoon oikeelliseksi todetut johdot ja sulakkeet (taulukko 2). Ryhmäsulake-sarakkeen suluissa olevat sulaketyypit ovat mökeissä olleet, alkuperäiset ja suojauksen kannalta huonoiksi todetut sulakkeet. Koska generaattorin oikosulkuvirrasta ei voida olla täysin varmoja, eikä sitä pystytä kokeellisesti testaamaan, suositellaan jokaisen mökin ryhmäkeskukseen myös vikavirtasuojaa. Laskemalla saadut arvot ja taulukossa olevat johdot ja sulakkeet lisättiin nousujohtokaavioon (kuva 38), joka löytyy täydennettynä liitteistä (liite 4).

4 YHTEENVETO

Työ sisälsi R.A. Listerin Start-o-matic nimisen ohjauspaneelin toiminnan selvittämisen ja korjaustoimenpiteet. Työssä selvitettiin, että aggregaatin piti käynnistyä automaattisesti, kun sen ohjauspaneelille liitetään yli 40 W:n kuorma. Korjaukselle tuli tarvetta, kun kuormarele L/4 paloi vanhasta paneelistä. Uudet komponentit eivät enää mahtuneet vanhaan paneeliin, joten ne asennettiin isompaan paneeliin. Aggregaatti tulee syöttämään kolmen mökin verkkoa, jolle tehtiin myös oikosulkusuojaus suositukset laskemalla.

Ohjauspaneelin toimintaperiaate saatiin selvitettyä suurimmaksi osaksi ohjauspaneelin ja sen mukana tulleen piirikaavion perusteella, sekä netistä löytyneen Oldengine-sivuston avulla. Tämä oli hyvin haastavaa, koska laitteiston muut osat kuten aggregaatti ja kytkentälaatikko sijaitsivat Kuusamossa ja kaikki työt tehtiin testausta lukuun ottamatta Tampereella. Työn eräänä tavoitteena olikin tehdä korjaus näkemättä muuta laitteistoa. Laitteistosta ei löytynyt paljoa tietoa valmistajalta, joten työssä jouduttiin soveltamaan paljon ja tekemään vain oletuksia joidenkin komponenttien kohdalla. Ohjauspaneeli saatiin kuitenkin tällä tavoin toimintakuntoon.

Korjaustyö onnistui Metso Mineralsilta ja Arco Powerilta ja koululta saatujen komponenttien avulla. Koska työn budjetti oli nolla, niin työ tehtiin pelkästään näillä komponenteilla. Mitään uutta ei ostettu. Tämä lisäsi myös työn haastavuutta, koska korjaustoimenpiteet piti soveltaa käytettävissä olevien komponenttien mukaan. Useimmat vanhat komponentit otettiin käyttöön myös uudessa kokoonpanossa, koska ne näyttivät toimivan ohjauspaneelin testausvaiheissa. Vanhojen komponenttien nimellisarvoja oli myös hyvin hankala määrittää koululla ilman aggregaattia. Pääasia oli kuitenkin, että työ saatiin päätökseen saatavissa olevilla komponenteilla ja tämä riitti myös työn tilaajalle.

Aggregaatti tulee syöttämään kolmea mökkiä ja tälle mökkiverkolle tehtiin vielä oikosulkusuojaus oikeellisuuden tarkastus laskemalla. Kahteen mökkiin tuli nousukaapeli pääkeskukselta. Ne olivat maahan asennettu, joten jos laskemalla saatu oikosulkuvirta jäi liian pieneksi, pystyi asennusvirhettä korjaamaan vain sulakekokoa ja -tyyppiä vaihtamalla, eikä esimerkiksi kaapelin poikkipintaa muuttamalla.

LÄHTEET

Aura, L. & Tonteri, A. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo.

Aura, L. & Tonteri, A. 1986. Sähkämiehen käsikirja 2: Sähkökoneet. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo

Brush 1970. SCA & SDA Alternators. Brush Electrical Engineering Co LTD. England

Carlo Gavazzi 2008. Aikareleet: Monitoimiaikareleet, Tyypit DMB51, DMB71. Luettu 17.5.2018. <http://kkt.fi/wp-content/uploads/Carlo-Gavazzi-monitoimiaikarele-DMB51-ja-DMB71.pdf>

D1-2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Espoo

Digital Globe 2018. Google Maps: Kohteen sijainti. Viitattu 5.6.2018. <https://www.google.fi/maps/place/Kuusamo4>

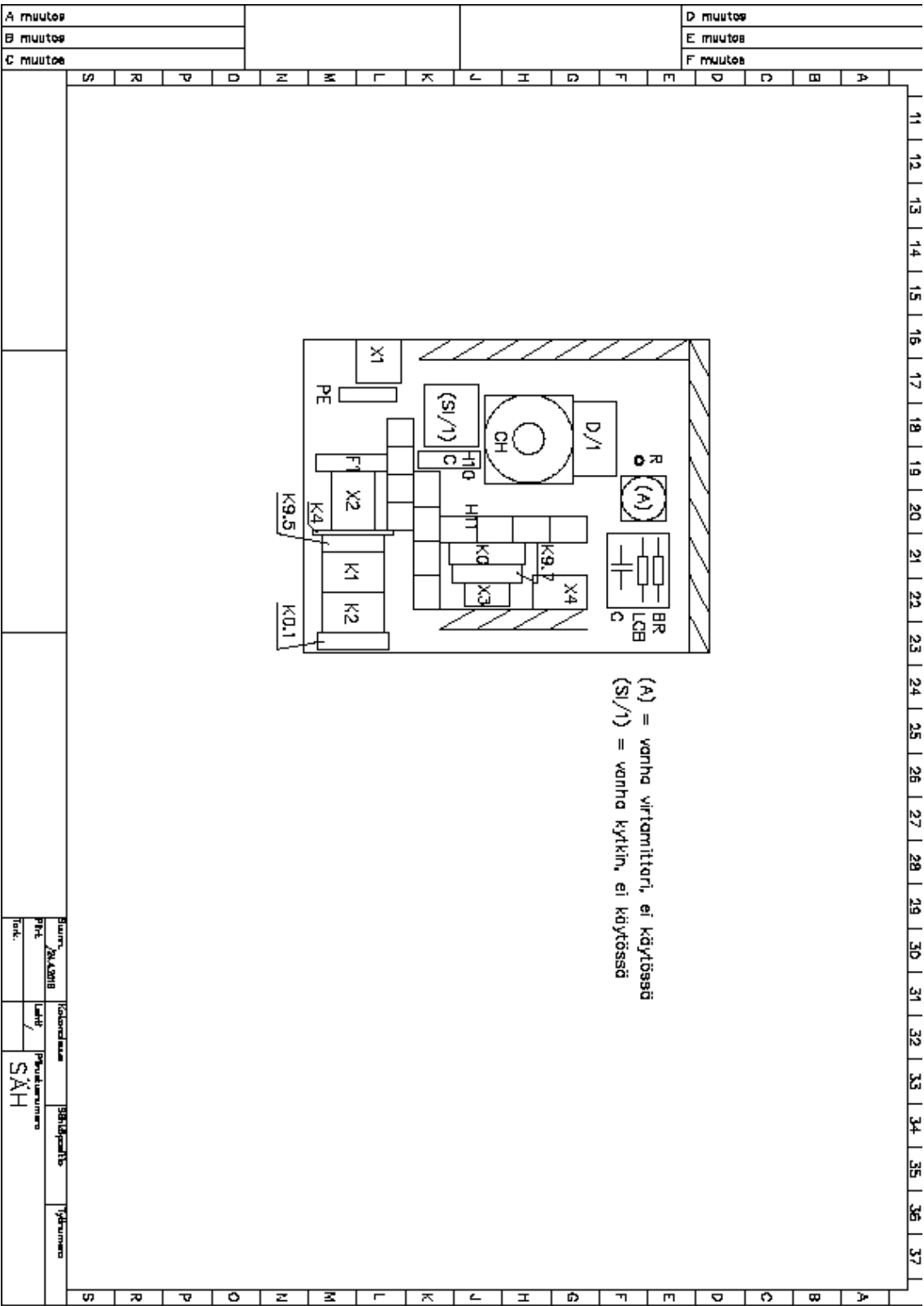
Early, J. 2018. Sähköpostiviestittely aiheena Start-o-matic ohjauspaneeli. Vastaanotettu 24.4.2018.

Hietalahti, L. 2011. Muuntajat ja sähkökoneet. Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka. Vantaa.

Korpinen L. Sähkökoneet, osa 2. Luettu 7.5.2018. http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_2osa.pdf

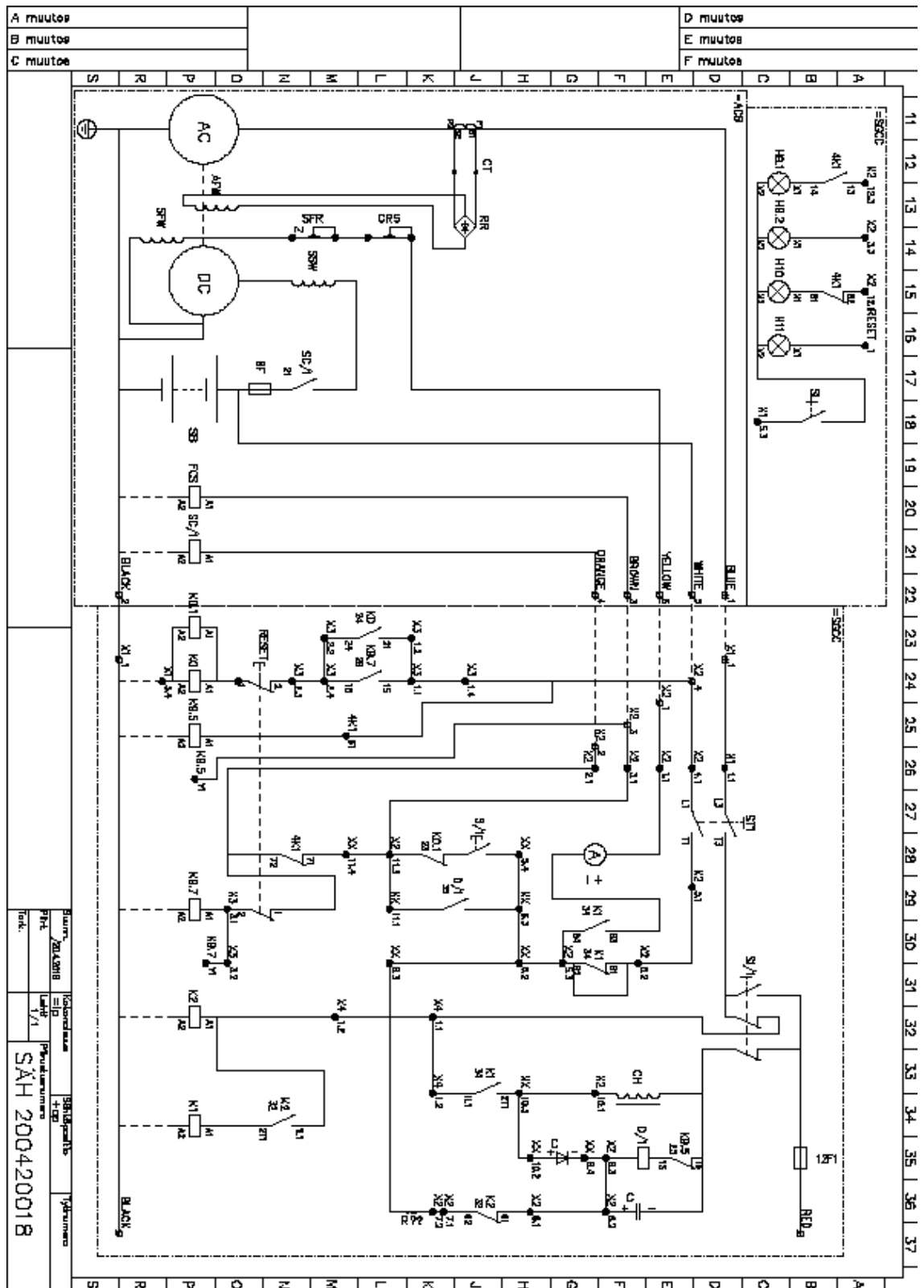
Oldengine. Lister Start-O-Matic. Luettu 6.5.2018. <http://www.oldengine.org/members/diesel/ListerData/SOMMenu1.htm>

Tutorext 2001. What is dc motor. Viitattu 5.6.2018. <http://tutornext.com/help/what-is-dc-motor>



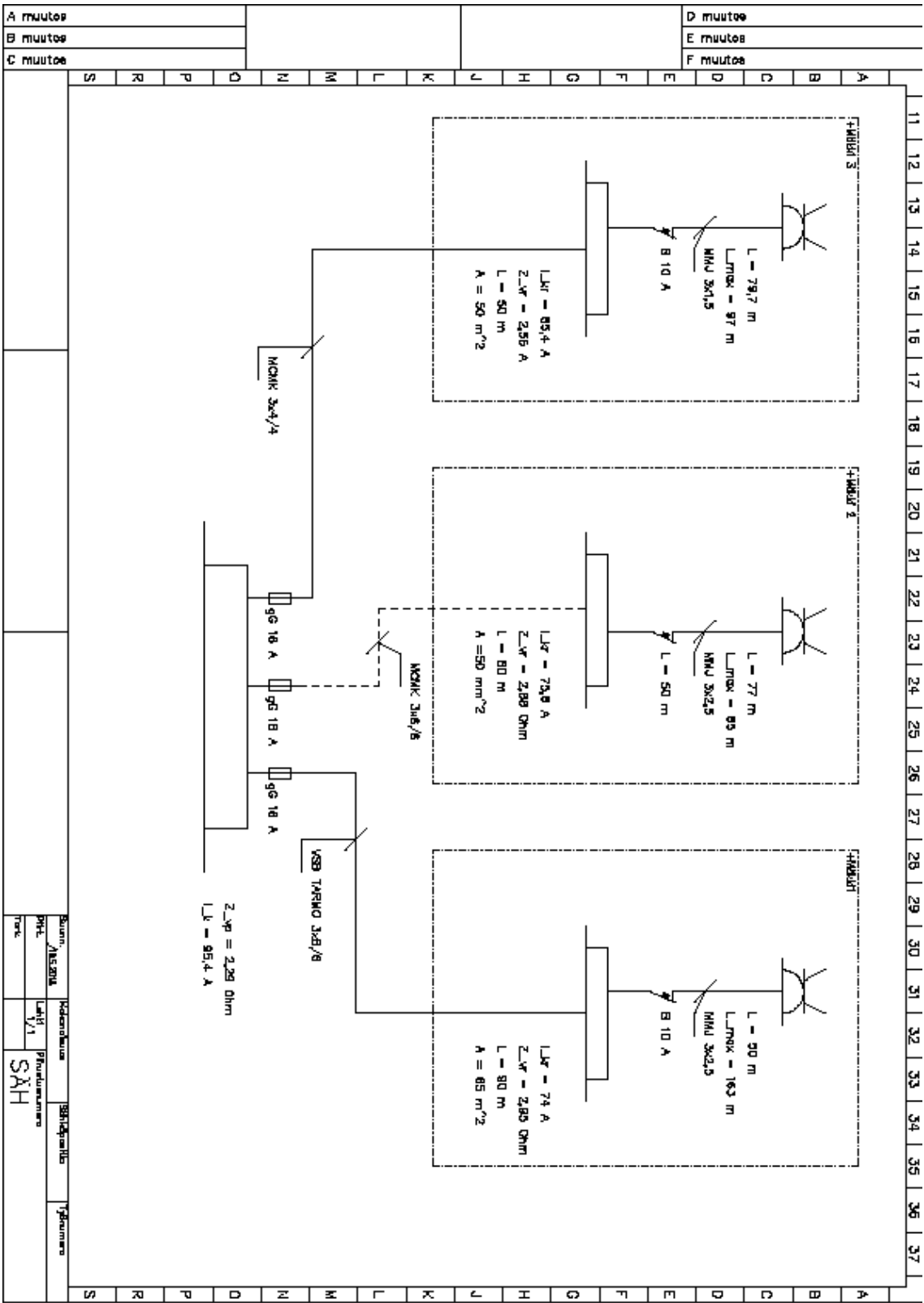
Liite 3. Ohjauspaneelin piirikaavio

3(4)



Liite 4. Mökkiverkon nousukaavio.

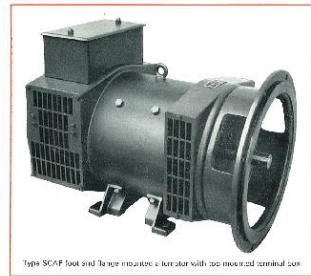
4(4)



Liite 6. Brush SCA & SDA 1970 Generators

2(3)

MOTOR STARTING



Type SCA 117 motor and large motor terminal box with top mounted terminal box

Small Induction Motor Starting on Single Phase (P.F. Machines, all frame sizes)

As a general rule, motors below 1/2 hp can be operated by a larger alternator. SCA 2 and SCA 3, without taking any special precautions. For motors up to 1/2 hp on 114 SCA, alternators and all motors above 1/2 hp on the larger machines, inductive power factor correction capacitors must be fitted to correct for low power factor load conditions.

To guarantee the following capacitors will usually give satisfactory results, as it must be noted that the resistance of motor windings can be used with a capacitor to correct for low power factor. The use of capacitors to correct for low power factor will depend on the type of motor, its starting characteristics and load conditions.

Supply Voltage	Motor Size (hp)	Capacitor
220	1/2	20 Microfarads
220	3/4	70 Microfarads
220	1	60 Microfarads
220	1 1/2	80 Microfarads
110	1/2	80 Microfarads
110	3/4	160 Microfarads

The capacitors stated above correct the load conditions back to approximately unity power factor.

Failure to include power factor correction will lead to low output voltage and possibly poor motor starting.

It is important to note that power factor correction capacitors must be connected across the motor, not terminals so that it is switched on and off with the motor. These capacitors must not be confused with the starting capacitors which are a feature of the capacitor start induction motor. The use of both of these types of capacitors are not recommended for use with SCA type alternators as this type of motor has poor starting characteristics.

Note: Three phase machines should be able to start fairly loaded. Refer to motor manufacturer for recommended size of capacitor to be used.

CIRCUIT ARRANGEMENTS (SCA)

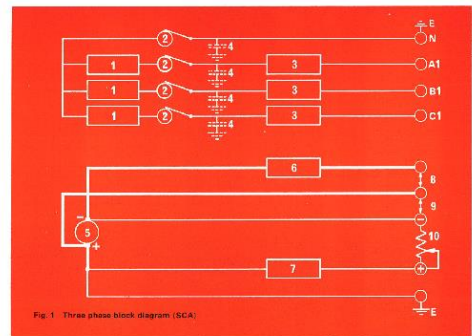


Fig. 1 Three phase block diagram (SCA)

Key: 1. Motor winding, 2. Slip ring circuit, 3. Commutator circuit, 4. Rotor winding capacitor (when fitted), 5. C.G. circuit, 6. Series field, 7. Main field, 8. Start, 9. Charge, 10. Pre-set no load running resistor.

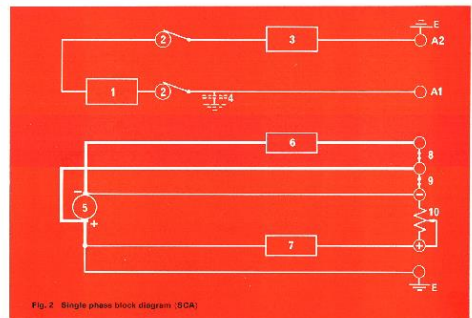


Fig. 2 Single phase block diagram (SCA)

PERFORMANCES AT U.P.F.

Frame SCA 117	Output kW	Efficiency				Horse Power Input			
		Full Load		1/2 FL		3/4 FL		Full Load	
		1 FL	2 FL	1 FL	2 FL	1 FL	2 FL	1 FL	2 FL
SINGLE PHASE 50 Hz	1.5	73.4	69.9	62.3	48.6	2.73	2.16	1.81	1.10
	2.0	75.0	72.4	67.6	53.0	3.64	2.73	1.87	1.26
	3.0	76.0	73.4	67.2	52.6	3.98	2.98	1.91	1.31
	4.0	76.0	73.4	67.2	52.6	3.98	2.98	1.91	1.31
SINGLE PHASE 60 Hz	1.5	70.0	65.8	57.7	42.5	2.87	2.29	1.74	1.18
	2.0	71.0	67.0	61.0	46.0	3.00	2.40	1.80	1.20
	3.0	72.0	68.0	62.0	47.0	3.10	2.50	1.90	1.30
	4.0	72.0	68.0	62.0	47.0	3.10	2.50	1.90	1.30
3 PHASE 50 Hz	1.5	80.1	76.9	70.0	57.8	4.06	3.00	2.55	1.48
	2.0	81.1	78.0	71.0	58.9	4.24	3.12	2.63	1.51
	3.0	81.1	78.0	71.0	58.9	4.24	3.12	2.63	1.51
	4.0	80.1	76.9	69.1	56.3	4.03	3.03	2.40	1.28
3 PHASE 60 Hz	1.5	81.3	78.0	73.0	60.4	4.04	3.00	2.75	1.73
	2.0	82.8	79.1	77.8	65.6	4.62	3.48	3.05	2.00
	3.0	83.6	80.0	78.0	67.2	4.81	3.61	3.15	2.11
	4.0	83.6	82.9	81.3	73.0	4.77	3.75	4.94	2.75

Frame SCA 225	Output kW	Efficiency				Horse Power Input			
		Full Load	3/4 FL	1/2 FL	1 FL	Full Load	3/4 FL	1/2 FL	1 FL
SINGLE PHASE 50 Hz	4.0	80.0	78.4	74.6	65.0	8.20	6.16	3.60	2.15
	6.0	80.0	78.4	74.6	65.0	8.20	6.16	3.60	2.15
	8.0	79.7	80.3	76.4	66.8	8.10	7.50	6.15	2.80
SINGLE PHASE 60 Hz	4.0	79.1	70.7	71.7	68.0	8.8	6.8	4.7	2.80
	6.0	79.6	75.5	74.0	62.0	10.2	7.8	6.4	3.25
	7.0	79.7	76.7	76.2	62.0	11.2	9.0	8.0	3.25
3 PHASE 50 Hz	4.0	80.6	80.5	85.0	80.6	8.3	7.15	6.0	3.25
	6.0	80.5	88.2	89.4	79.0	9.0	8.25	6.9	3.25
	8.0	80.5	88.5	88.5	79.0	9.0	8.25	6.9	3.25
3 PHASE 60 Hz	4.0	80.2	81.6	81.5	72.3	10.0	8.2	6.80	3.92
	6.0	80.5	88.3	82.6	74.3	12.4	9.4	6.65	3.90
	8.0	80.5	88.3	82.6	74.3	12.4	9.4	6.65	3.90
3 PHASE 60 Hz	4.0	80.5	88.3	82.6	74.3	12.4	9.4	6.65	3.90
	6.0	80.5	88.3	82.6	74.3	12.4	9.4	6.65	3.90
	8.0	80.5	88.3	82.6	74.3	12.4	9.4	6.65	3.90

Note: INCREASED OUTPUT OF FRAME SCA 2-25 WITH CLASS 'F' ARMATURE INSULATION
 Single Phase 50 Hz 7.5 kW Full Load Efficiency 77.1% (input required 13.0 hp)
 Single Phase 60 Hz 8.0 kW Full Load Efficiency 77.0% (input required 13.0 hp)
 Three Phase 50 Hz 10.0 kW Full Load Efficiency 83.8% (input required 16.0 hp)
 Three Phase 60 Hz 12.0 kW Full Load Efficiency 84.5% (input required 19.1 hp)

Frame SCA 330	Output kW	Efficiency				Horse Power Input			
		Full Load	3/4 FL	1/2 FL	Full Load	3/4 FL	1/2 FL	Full Load	
SINGLE PHASE 50 Hz	8.0	80.1	79.2	78.0	64.2	12.2	10.2	7.06	4.3
	10.0	80.1	79.2	78.0	64.2	12.2	10.2	7.06	4.3
	12.0	79.5	82.4	78.5	70.7	16.75	12.6	9.41	5.6
SINGLE PHASE 60 Hz	10.0	79.1	75.0	73.2	60.7	16.8	12.7	9.46	5.13
	12.0	79.1	75.0	73.2	60.7	16.8	12.7	9.46	5.13
	14.0	77.2	75.0	75.0	69.8	22.5	16.0	11.2	6.26
3 PHASE 50 Hz	10.0	80.1	86.0	83.0	74.9	12.2	12.9	5.9	3.6
	12.0	80.1	86.0	83.0	74.9	12.2	12.9	5.9	3.6
	14.0	80.1	86.0	83.0	74.9	12.2	12.9	5.9	3.6
3 PHASE 60 Hz	14.0	84.1	83.9	82.9	73.0	22.1	13.6	11.2	6.48
	16.0	84.1	83.9	83.9	73.0	22.1	13.6	11.2	6.48
	18.0	84.1	83.9	83.9	73.0	22.1	13.6	11.2	6.48

Performances are subject to confirmation on receipt of order

GENERAL DESCRIPTION (SDA)

Application Type 'SDA' are similar to 'SCA' type alternators, but are for use with hand starting gear only, and therefore, the engine starting windings and battery charging facilities are omitted.

Type of Load These alternators are primarily intended for non-inductive loads. Because of the direct load current, corresponding system, small motor, can, however, be satisfactorily started and run without causing any over-voltage. For a number of small motors the total capacitor should not exceed 1/2 hp for each 1/2 hp of the alternator output, with a single motor of 1/2 hp per 1/2 hp of alternator output may be started without excessive voltage variation.

Construction Revolving Armature - The core is built of high permeability sheet steel stampings, each of which is coated with special insulation to minimise losses. The windings consist of the conventional single or three phase windings brought out to suitable slip rings and brushes.

Stationary Field - Consists of 'better' wound coils inoperative as a main winding and also as auxiliary or pumping winding.

Frame - Robust mild steel.

End Frames - In movable, 4-point skid base provided with large wheel casters for easy movement, and with access to the main winding and battery charging facilities.

Bearings - Ball bearings, permitting the machine to be driven in either direction of rotation.

Slip Rings - High quality phosphor bronze rings, with specially selected brushes, wear as long and trouble-free life.

Field - Consists of three windings, each of a very robust design type, with the main field winding in series with the main winding.

Radio Suppression - Three as standard, to A.R.D.C.

General - Exceptionally robust and compact design giving moderate reliability, minimum maintenance and maximum performance.

Enclosure - Screen protected and drip-proof.

Insulation - Class E insulating materials are used throughout, with the exception of the high voltage on the SCA 25 frame where Class F material is used.

Excitation - Self-excitation of the main field is from the a.c. winding via a silicon diode bridge, and a carbon resistor, which is supplied for adjustment of no load voltage, and motor field current corresponding to the exciter field is obtained from a series connected silicon rectifier.

Regulation - The synchronous diagrams are shown in Figs 3 and 4.

Regulation - Regulation will be approximately 2.5% at rated voltage at all unity power factor loads between no-load and full load, including the B.D. allowance for engine speed variation.

General - All 2.5 or 4.0 kVA ratings, output, performance and dimensions are as SCA frame.

Fig. 3 Single phase block diagram (SDA)

